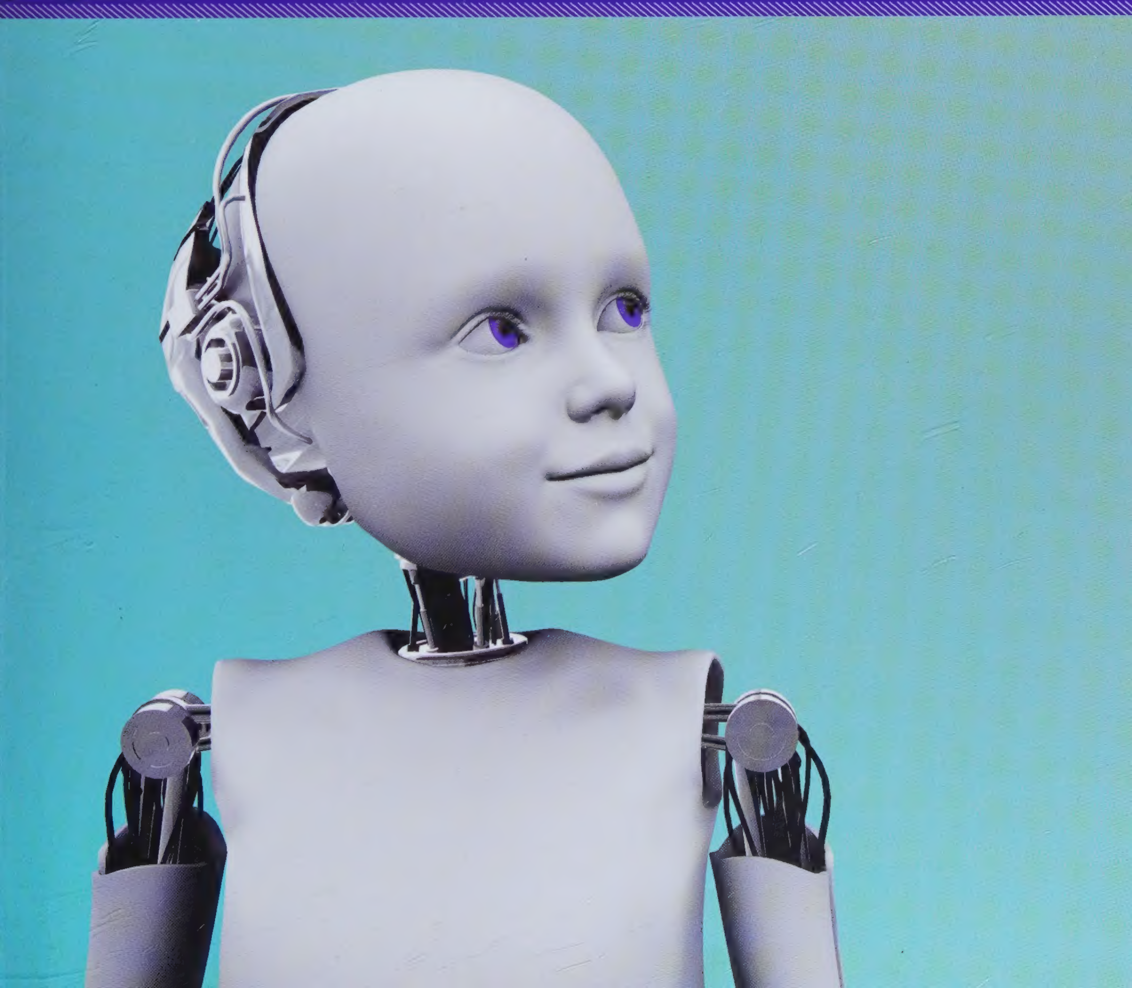
PAIDÓS TRANSICIONES

Michael S. Gazzaniga

¿Quién manda aquí?

El libre albedrío y la ciencia del cerebro



Michael S. Gazzaniga (California, Estados Unidos, 1939) es profesor emérito de la cátedra David T. McLaughlin y director del Centro de Neurociencia Cognitiva del Dartmouth College.

Graduado en Psicobiología por el Dartmouth College en 1964 recibió el doctorado por el California Institute of Technology.

Forma parte del Consejo Presidencial de Bioética desde 2001, es miembro de la American Academy of Arts and Sciences y presidente electo de la American Psychological Society. Ha escrito varios libros sobre cómo funciona el celebro que lo han convertido en una referencia inexcusable en el ámbito de la neurobiología.

El cerebro ético y *¿Qué nos hace humanos?* son otros de sus títulos publicados por Paidós.

¿QUIÉN MANDA AQUÍ?

PAIDÓS TRANSICIONES

Últimos títulos publicados

D. A. Norman, *El diseño emocional*
D. J. Watts, *Seis grados de separación. La ciencia de las redes en la era del acceso*
M. P. Lynch, *La importancia de la verdad*
M. S. Gazzaniga, *El cerebro ético*
H. Gee, *La escalera de Jacob. Historia del genoma humano*
G. Rizzolatti y C. Sinigaglia, *Las neuronas espejo*
R. Sapolsky, *El mono enamorado y otros ensayos sobre nuestra vida animal*
C. Allègre, *La sociedad vulnerable. Doce retos de política científica*
F. de Waal, *Primates y filósofos. La evolución de la moral del simio al hombre*
S. Pinker, *El mundo de las palabras. Una introducción a la naturaleza humana*
J. Dewey, *Cómo pensamos*
B. Komisaruk y otros, *La ciencia del orgasmo*
H. Gardner, *Las cinco mentes del futuro*
D. Dennett y otros, *La naturaleza de la conciencia*
M. D. Hauser, *La mente moral. Cómo la naturaleza ha desarrollado nuestro sentido del bien y del mal*
R. Rose, *Tu cerebro mañana. Cómo será la mente del futuro*
D. Denton, *El despertar de la conciencia. La neurociencia de las emociones primarias*
N. N. Taleb, *El cisne negro*
N. N. Taleb, *¿Existe la suerte? Las trampas del azar*
A. Sokal, *Más allá de las imposturas intelectuales. Ciencia, filosofía y cultura*
D. J. Linden, *El cerebro accidental. La evolución del cerebro y el origen de los sentimientos*
S. Blackmore, *Conversaciones sobre la conciencia*
J. Lehrer, *Proust y la neurociencia. Una visión fresca y única de ocho artistas de la modernidad*
D. A. Norman, *El diseño de los objetos del futuro. La interacción entre el hombre y la máquina*
M. S. Gazzaniga, *¿Qué nos hace humanos? La explicación científica de nuestra singularidad como especie*
D. J. Siegel, *Cerebro y mindfulness. La reflexión y la atención plena para cultivar el bienestar*
D. Linden, *La brújula del placer. Por qué los alimentos grasos, el orgasmo, el ejercicio, la marihuana, la generosidad, el alcohol, aprender y los juegos de azar nos sientan tan bien*
N. N. Taleb, *El cisne negro. El impacto de lo altamente improbable. Edición revisada y con nuevo posfacio del autor.*
C. Ryan y C. Jethá, *En el principio era el sexo. Los orígenes de la sexualidad moderna. Cómo nos emparejamos y por qué nos separamos.*
J. Bering, *El instinto de creer. La psicología de la fe, el destino y el significado de la vida*
V. S. Ramachandran, *Lo que el cerebro nos dice. Los misterios de la mente humana al descubierto*
S. Pinker, *La tabla rasa. La negación moderna de la naturaleza humana*
P. Churchland, *El cerebro moral*
M. S. Gazzaniga, *¿Quién manda aquí?*
T. Armstrong, *El poder de la neurodiversidad*

MICHAEL S. GAZZANIGA

¿QUIÉN MANDA AQUÍ?

El libre albedrío y la ciencia del cerebro



PAIDÓS

Título original: *Who's in charge,* de Michael S. Gazzaniga
Publicado en inglés por Ecco Books, an imprint of HarperCollins Publishers

Traducción de Marta Pino Moreno

Cubierta de Judit G. Barcina
Imagen de cubierta: © Sarah Holmlund | Dreamstime.com

1ª edición, mayo 2012

ISBN: 978-84-493-2621-9
Depósito legal: B-9795-2012

Impreso en Artes Gráficas Huertas, S. A.
Camino viejo de Getafe, 60 – 28946 Fuenlabrada (Madrid)

El papel utilizado para la impresión de este libro es cien por cien libre de cloro y está calificado como papel ecológico

Impreso en España – *Printed in Spain*

Para Charlotte, indudablemente la octava maravilla del mundo

SUMARIO

AGRADECIMIENTOS

Con cada libro que escribo me siento más y más agradecido a los colegas, familiares e instituciones que me brindan su apoyo. En este caso, la Universidad de Edimburgo y la serie de Conferencias Gifford sirvieron de catalizador. Me sentí honrado por la invitación y me estimuló el desafío de impartir una serie de conferencias durante dos semanas en el otoño de 2009. Mi objetivo era transmitir lo que nos había enseñado la neurociencia sobre algunas de las grandes cuestiones filosóficas de la vida y, en particular, sobre la responsabilidad de nuestras acciones. Son temas que interesan a mucha gente, entre la que se incluyen, para mi sorpresa, Charlotte, mi mujer; mis hijos, Marin, Anne, Francesca y Zachary; mi yerno, Chris, y mi hermana, Rebecca. Todos ellos se presentaron en Edimburgo, alquilaron un apartamento y me pusieron a prueba. Disfrutaron muchísimo, o eso me dicen. Huelga decir que yo estaba angustiado con las conferencias.

Por supuesto, desde una perspectiva general, dictar la conferencia es la parte más fácil. Aunque las conferencias obligan a hacer un esfuerzo por condensar las ideas, la plasmación escrita de todo ello es mucho más ardua. Una vez más, conté con la ayuda de muchas personas. Mi hermana Rebecca ha sido indispensable. Gracias a su mano y su ingenio editorial, moduló mi tendencia al tono coloquial en la comunicación. Le estoy sumamente agradecido. Quiero expresar también mi gratitud a Jane Nevins, mi amiga y colega de la Dana Foundation. Su vista infalible y su profesionalidad como correctora no tienen parangón. Respeta el estilo y solo interviene

cuando la formulación inicial es completamente errónea. Y, para mi gusto, eso es algo que ocurre con excesiva frecuencia, pero con ella no dejo de aprender.

Sería imposible dar aquí las gracias a todos mis colegas. Muchos de ellos me han inspirado a lo largo de los años, empezando por mi mentor, Roger Sperry, tal vez el mayor cerebro científico que ha existido. Desde la perspectiva de este libro se percibe también que me han influido muchos de mis alumnos de licenciatura y posgraduados. Todos ellos han participado tanto como yo de esta investigación y perspectiva. Ha habido también muchos gigantes de este campo científico, como Leon Festinger, George Miller y David Premack, que se han esforzado por hacer de mí algo mejor de lo que soy. Lo mismo cabe decir de otro conferenciante Gifford, Donald Mackay. Y de Michael Posner, Steven Hillyard, Leo Chalupa, Floyd Bloom, Emilio Bizzi, Marc Raichle, Scott Grafton, Endel Tulving, Steve Pinker y muchos, muchos otros. La mía ha sido una vida muy rica. Quiero dar las gracias en especial a Walter Sinnott-Armstrong y Michael Posner por su crítica de este libro, también a John Doyle de Caltech por su lectura y por sus infinitas aportaciones sobre los futuros derroteros de las investigaciones sobre la mente/el cerebro. Inicié mi trayectoria profesional en Caltech y es gratificante volver a llamar a sus puertas para seguir aprendiendo.

INTRODUCCIÓN

Durante más de ciento veinticinco años las Conferencias Gifford se han expandido desde Escocia al mundo entero gracias al empeño y la dotación económica de Adam Lord Gifford, un abogado y juez del siglo XIX, natural de Edimburgo, apasionado por la filosofía y la teología natural. Según las cláusulas de su testamento, estas conferencias debían versar sobre el tema de la teología natural, con la exigencia de que se abordase la cuestión «como una ciencia estrictamente natural», «sin referencia a ninguna supuesta revelación excepcional o milagrosa. Mi deseo es que se considere del mismo modo que la astronomía o la química. [...] [S]e pueden abordar libremente [...] todos los asuntos relativos a las concepciones humanas de Dios o del Infinito, su origen, naturaleza y verdad, si es posible que el hombre albergue tales concepciones, si Dios está sujeto a alguna limitación y de qué tipo, y así sucesivamente, pues es mi convicción que solo pueden surgir buenos frutos de este debate siendo libre». Las conferencias han versado sobre religión, ciencia y filosofía. Si observa la lista de libros que han surgido de ellas, descubrirá su asombrosa calidad. Algunas de las mentes más lúcidas del mundo occidental han presentado sus ideas en estas conferencias. Ese es el caso de William James, Niels Bohr y Alfred North Whitehead, entre otros muchos. De entre la larga lista de participantes, muchos han suscitado grandes debates intelectuales; algunos han explicado la vastedad del universo o han censurado la incapacidad del mundo laico para aportar un mensaje esperanzador sobre el significado de la vida, mientras que otros han rechazado rotundamen-

te el interés de la teología —natural o de otro tipo— como tema de reflexión adulta. Da la impresión de que ya se ha dicho todo y de que todo se ha expuesto con tal claridad y fuerza que, cuando me propusieron que añadiera mi propia perspectiva, estuve tentado de declinar la invitación.

Creo que soy como cualquier persona que haya leído los numerosos libros surgidos de estas conferencias. Todos sentimos un deseo insaciable de proseguir la búsqueda con el fin de conocer mejor la situación en la que nos encontramos los seres humanos. En cierto modo nos fascina ese interés, porque ahora sabemos mucho acerca del mundo físico y casi todos creemos sin dudar en los últimos avances científicos, por más que a veces nos cueste aceptar algunos puntos de vista totalmente científicos. Las Conferencias Gifford persiguen la reflexión sobre estas cosas y he aquí que me hallé puesto en el brete de intervenir en ellas. Aunque la exposición de mi propia perspectiva en este foro es tan aventurada como emocionante, quiero mostrar que todos los avances espectaculares de la ciencia ponen de relieve un hecho inquebrantable. *Somos agentes personalmente responsables y dueños de nuestros actos, a pesar de que vivimos en un universo determinado.*

Los seres humanos somos animales grandes, hábiles e inteligentes, que a menudo utilizamos el razonamiento en exceso. Y, aun siendo así, seguimos haciéndonos la pregunta: ¿eso es todo?, ¿no somos más que otro animal, algo más ingenioso y complejo, que resopla durante la comida? Naturalmente, somos mucho más complejos que una abeja. Si bien tanto ella como nosotros reaccionamos con respuestas automáticas, los seres humanos tenemos cognición y todo tipo de creencias, y la posesión de una creencia supera con creces la influencia del *hardware* y el proceso biológico automático, afinado por la evolución, que nos trajo hasta aquí. La posesión de una creencia, aunque fuera falsa, impulsó a Otelo a matar a su querida esposa e indujo a Sidney Carton a declarar, cuando voluntaria-

mente sustituyó a su amigo en la guillotina, que era lo mejor que había hecho en su vida. Los seres humanos somos el no va más, aunque a veces nos sintamos insignificantes al observar la infinidad de estrellas y universos que nos rodean. La cuestión que nos obsesiona todavía es la siguiente: «¿No formamos parte de un plan de significado más amplio?». La sabiduría convencional, adquirida con esfuerzo a través de la ciencia y gran parte de la filosofía, establece que la vida no tiene otro significado que aquel que le aportemos. Depende totalmente de nosotros, aunque siempre perdura la duda de si es realmente así.

Sin embargo, algunos científicos y filósofos llegan a insinuar que no depende de nosotros eso que aportamos a la vida. Veamos algunas verdades del conocimiento moderno y sus incómodas implicaciones. El cerebro fisioquímico habilita la mente de un modo que todavía no comprendemos y, en consecuencia, como cualquier otra materia, se rige por las leyes físicas del universo. En realidad, bien pensado, no nos gustaría que fuera de otra manera. Por ejemplo, no nos gustaría que nuestras acciones, como el acto de llevarnos la mano a la boca, fueran un movimiento aleatorio. Queremos el helado en la boca, no en la frente. Sin embargo, hay quien afirma que, como el cerebro se rige por las leyes del mundo físico, todos somos en esencia zombis sin libre albedrío. La hipótesis común de los científicos es que solo sabemos quiénes y qué somos tras la intervención del sistema nervioso. Sin embargo, la mayoría está tan ocupada que no tiene tiempo para reflexionar sobre estas afirmaciones o preocuparse por ellas y solo unos pocos sucumbimos a la desesperación existencial. Queremos desempeñar nuestro trabajo, llegar a casa junto a nuestra esposa o nuestro marido y los niños, jugar al póquer, cotillear, trabajar, tomarnos un *whisky*, reírnos de cualquier cosa y, sencillamente, vivir. Al parecer, durante la mayor parte del tiempo no entendemos el significado de la vida. Queremos vivir la vida, no pensar en ella.

Y, sin embargo, entre los intelectuales prevalece una determinada creencia: a saber, que vivimos en un universo absolutamente determinado. Dicha creencia parece la consecuencia lógica de todo lo que nuestra especie ha aprendido acerca de la naturaleza del universo. Las leyes físicas rigen los sucesos del mundo físico. Nosotros formamos parte de ese mundo físico. Así, por tanto, hay leyes físicas que rigen nuestra conducta e incluso nuestro yo consciente. Impera el determinismo tanto físico como social y se nos pide que lo aceptemos y que sigamos adelante. Einstein lo asumió. Spinoza también. ¿Quiénes somos nosotros para cuestionarlo? Las creencias tienen consecuencias y, por tanto, como vivimos en lo que muchos consideran un mundo determinado, se nos pide que no nos apresuremos a culpar y responsabilizar a los individuos por sus acciones o conductas antisociales.

A lo largo de los años, los conferenciantes de Gifford han abordado la cuestión del determinismo desde múltiples perspectivas. Los físicos cuánticos han dicho que existe cierta flexibilidad en cuanto a la idea del determinismo desde que la mecánica cuántica se impuso sobre el modelo de materia newtoniano. Existe incertidumbre en el nivel atómico y molecular, lo que significa que usted tiene la libertad de elegir el pastel de crema de Boston en vez del pastel de las frutas del bosque la próxima vez que pase por su lado el carrito de postres: su elección no viene determinada por el instante del big bang.

Al mismo tiempo, otros autores sostienen que las incertidumbres atómicas no son relevantes para el funcionamiento del sistema nervioso y el modo en que finalmente produce la mente humana. La idea dominante en la neurociencia moderna es que la plena comprensión del cerebro revelará todo lo que necesitamos saber sobre cómo el cerebro habilita la mente: que su activación se produce de un modo ascendente y fortuito y que todo ello está determinado.

Los seres humanos preferimos las respuestas tajantes de tipo

blanco o negro, las elecciones binarias, todo o nada, todo naturaleza o todo educación, todo determinado o todo aleatorio. Aquí voy a mostrar que la cosa no es tan sencilla y que la neurociencia moderna no es fundamentalista con respecto al determinismo. Voy a sostener que la mente, que de algún modo viene generada por los procesos físicos del cerebro, limita al cerebro. Al igual que las normas políticas de gobierno surgen de los individuos que en última instancia los controlan, la mente emergente restringe el cerebro. En una época en que todos aceptamos que las fuerzas causales son el único modo de entender el mundo físico, ¿no necesitamos un nuevo marco de pensamiento para describir las interacciones y la dependencia mutua del mundo físico y el mental? Como apunta el profesor John Doyle, del Instituto de Tecnología Caltech, en el mundo del *hardware* / *software*, sistemas ambos de los que se conoce absolutamente todo, únicamente funcionan interactuando los dos pero nadie ha sido capaz todavía de reflejar esa realidad. Cuando la mente surgió del cerebro, ocurrió algo parecido al big bang. Así como el tráfico surge de los coches y, en última instancia, los limita, ¿acaso la mente no limita al cerebro que lo generó?

Y, a semejanza de un corcho que nunca llega a hundirse en el agua, la cuestión persiste. Vuelve una y otra vez. Nos intriga cómo se relaciona la mente con el cerebro, cuáles son sus implicaciones en cuanto a la responsabilidad personal. Nunca se recalcará lo suficiente la importancia de la respuesta a esta pregunta, esencial para entender lo que experimentamos los seres humanos como animales sensibles, dinámicos y ávidos de significados. Pretendo continuar la tradición que analiza este asunto fundamental y bosquejar el avance, tal como yo lo veo, en cuanto a la comprensión de la interfaz entre el cerebro y la mente. ¿La mente limita al cerebro o el cerebro hace todo de forma ascendente? La cuestión es peliaguda, porque en las páginas que siguen en ningún momento voy a insinuar que la mente sea totalmente independiente del cerebro. En absoluto.

Antes de iniciar este viaje es importante revisar el tipo de criaturas que creemos ser en el siglo XXI. Durante los últimos cien años ha habido una inmensa acumulación de conocimiento sobre lo que nos mueve. Sin duda, algo abrumador, y la cuestión que ahora se nos plantea es la siguiente: ¿se han superado las concepciones anteriores sobre la naturaleza de la existencia humana?

En mi serie de Conferencias Gifford y en este libro, considero que mi deber es revisar el conocimiento humano de nuestro tiempo que no estaba al alcance de las mentes preclaras del pasado. Pese al extraordinario caudal de conocimiento adquirido por los neurocientíficos acerca de los mecanismos de la mente, no se ha descubierto nada que repercuta en la responsabilidad, uno de los principales valores de la vida humana. Para corroborar esta afirmación, voy a explicar los rodeos que hemos dado y la trayectoria que hemos seguido para alcanzar el conocimiento actual sobre el cerebro, además de revisar lo que se sabe sobre su funcionamiento. Con el fin de comprender algunas tesis sobre la vida en un mundo determinista, vamos a visitar varias capas distintas de la ciencia, desde el micromundo de las partículas subatómicas, los lugares a donde nunca creímos que nos llevaría la neurociencia, hasta el mundo macrosocial en el que usted y su amigo celebran el partido de la Super Bowl. Estas divagaciones nos mostrarán que, dependiendo de la capa organizativa que analicemos en cada momento, el mundo físico tiene diversos conjuntos de leyes. Asimismo descubriremos qué relación guarda todo esto con la conducta humana. Acabaremos nada menos que en los tribunales.

Aun con todo el conocimiento de la física, la química, la biología, la psicología y el resto de las disciplinas, cuando las partes móviles se observan como un sistema dinámico, existe una realidad innegable. Somos agentes responsables. Como dicen mis hijos: «Tendrás que superarlo». La vida humana es una gran cosa.

Capítulo 1
NUESTRA MANERA DE SER

La vida diaria plantea el siguiente enigma: todos nos sentimos agentes conscientes, todos nos sentimos como una unidad consciente, capaces de actuar con determinación y libres de tomar decisiones de casi cualquier tipo. Al mismo tiempo, todo el mundo comprende que somos máquinas, aunque máquinas biológicas, y que las leyes físicas del universo son aplicables a ambos tipos de máquinas, tanto a las artificiales como a las humanas. ¿Ambos tipos de máquinas están completamente determinados, tal como decía Einstein, que no creía en el libre albedrío, o tenemos la libertad de elegir lo que deseamos?

Richard Dawkins representa la perspectiva de la ciencia ilustrada que sostiene que todos somos máquinas mecanicistas determinadas, afirmación que conlleva consecuencias inmediatas. ¿Por qué castigamos a los individuos que muestran una conducta antisocial? ¿Por qué no los vemos como personas que necesitan una reparación? Al fin y al cabo, sostiene, si el coche se estropea y nos deja tirados, no la emprendemos a patadas contra él. Lo arreglamos.

Sustituyamos ahora el coche por un caballo que se encabrita. ¿Qué hacemos? Más que arrastrarlo al establo para proceder a su reparación, nos sentimos tentados de darle una buena paliza. Algo en los seres vivos suscita un conjunto de respuestas, aparentemente impetuosas, que forman parte de los humanos y que conllevan una serie de sentimientos, valores, objetivos e intenciones, así como todos los estados mentales humanos. En suma, existe algo en nuestra configuración, y supuestamente en el cerebro, que rige gran

parte de nuestra cognición y conducta diaria. Al parecer nuestro diseño es muy complejo. La máquina de nuestro cerebro se mueve por sí sola, aunque creamos que la controlamos. Eso constituye un enigma.

El cerebro humano es un sistema en gran medida paralelo y distribuido, constituido por infinidad de puntos de toma de decisiones y centros de integración. Se trata de una máquina constantemente activa que nunca cesa de gestionar nuestros cuerpos, pensamientos y deseos. Los millones de redes son un mar de fuerzas, no soldados individuales que aguardan las órdenes de su comandante. También es un sistema determinado, no un *cowboy* que anda por la vida al margen de las fuerzas físicas y químicas del universo. Sin embargo, estos hechos incuestionables no nos convencen de que no exista un «tú» central, un «yo» que tiene la última palabra en cada uno de nosotros. De nuevo, este es el enigma, y nuestra tarea consiste en comprender cómo funciona todo ello.

Los logros del cerebro humano son un buen argumento que refrenda la existencia de un yo central y decidido. La tecnología moderna y el conocimiento de los seres humanos es tan asombroso que un mono con un implante neuronal en Carolina del Norte puede conectarse a internet y, debidamente estimulado, el disparo de sus neuronas puede controlar los movimientos de un robot que se encuentra en Japón. Y, es más, ¡el impulso nervioso viaja a Japón antes de que alcance la pierna del mismo mono! Más cerca de casa, fíjese en su cena. Con un poco de suerte, esta noche tomará una ensalada hecha con lechuga cultivada en su región del país, rodajas de pera chilena y un gorgonzola italiano muy sabroso, una chuleta de cordero de Nueva Zelanda, patatas asadas de Idaho y vino tinto francés. ¿Cuántas personas creativas e innovadoras han colaborado en cada uno de los escenarios para conseguir semejante logro? Multitud. Desde la persona que se planteó por primera vez el cultivo de los alimentos y la que pensó que dejar envejecer el mosto era inte-

resante, hasta Leonardo, que dibujó por primera vez una máquina voladora, la persona que dio el primer mordisco a ese queso mohoso y pensó que se trataba de un hallazgo y los numerosos científicos, ingenieros, diseñadores de *software*, agricultores, ganaderos, viticultores, transportistas, comerciantes minoristas y los cocineros que participaron. No existe semejante grado de creatividad ni de colaboración entre individuos inconexos en ninguna otra escala del reino animal. Tal vez es más asombroso todavía que algunas personas no aprecien gran diferencia entre las capacidades de los seres humanos y las de los demás animales; en algunos casos, están convencidas de que a su queridísimo perro, con esos ojos grandes y tristes, no le falta mucho para publicar un artículo de autoayuda titulado «Cómo manipular a tu compañero de piso humano sin levantarte siquiera del sofá».

Los seres humanos nos hemos expandido por todo el mundo y vivimos en entornos sumamente diversos. Entretanto, nuestros parientes vivos más cercanos, los chimpancés, están en peligro. Tenemos que preguntarnos por qué los humanos hemos alcanzado metas tan increíbles, mientras que nuestros parientes vivos más próximos a duras penas perduran. Somos capaces de resolver problemas que no están al alcance de ningún otro animal. La única respuesta posible es que todo ello ha sido posible porque tenemos algo de lo que ellos carecen. Y, no obstante, nos cuesta aceptarlo. Desde la perspectiva privilegiada que nos brinda el comienzo del siglo XXI, disponemos de más información para responder a algunas de estas preguntas, información que no estaba al alcance de las mentes curiosas e inquietas del pasado. Y curiosos eran nuestros predecesores, pues el interés humano por averiguar quiénes y qué somos es al menos tan antiguo como la historia. En el templo de Apolo de Delfos, que data del siglo VII a.C., hay una inscripción que aconseja: «Conócete a ti mismo». El hombre siempre se ha sentido intrigado por la naturaleza de la mente, el yo y la condición humana. ¿De dónde provie-

ne esta curiosidad? No es eso precisamente lo que está pensando su perro en el sofá.

Con el fin de explorar el cerebro, hoy los neurocientíficos lo punzan, registran datos sobre su funcionamiento, además de estimularlo, analizarlo y compararlo con el de otros animales. Se han revelado algunos de sus misterios y proliferan las teorías. Antes de maravillarnos con nuestro yo moderno, tenemos que mantener el ego a raya. Ya en el siglo v a.C., Hipócrates escribió como si fuera un neurocientífico moderno: «El hombre debería saber que las alegrías, los placeres, la risa y el solaz, las penas, el dolor, el desaliento y la lamentación provienen únicamente del cerebro. Y a través de él [...] adquirimos la sabiduría y el conocimiento, vemos y oímos, y sabemos lo que es abyecto y lo que es justo, lo que es malo y lo que es bueno, lo que es dulce y lo que es agradable. [...] Y por medio del mismo órgano enloquecemos y deliramos, y nos asaltan los miedos y terrores».[1] Sus mecanismos de acción eran incompletos, pero tenía claros los principios.

De manera que corresponde a la ciencia explicar los mecanismos y para ello más nos vale seguir el consejo de Sherlock Holmes, que era célebre por su método científico: «La dificultad radica en distinguir entre el marco del hecho —de un hecho absolutamente innegable— y los adornos de los teóricos y periodistas. Entonces, después de haber establecido esta base sólida, nuestro deber consiste en ver qué conclusiones pueden sacarse y cuáles son los puntos especiales en torno a los que gira todo el misterio».[2]

Este impulso, nada más que los hechos, es un modo de empezar a resolver un enigma, y los primeros neurocientíficos empezaron así. ¿Qué es esto? Cojamos un cadáver, abramos el cráneo y echemos un vistazo a su contenido. Agujereémoslo. Estudiemos a las personas que han sufrido un derrame cerebral. Intentemos registrar las señales eléctricas de su cerebro. Veamos cómo se conecta durante la prueba. Como veremos, estas son algunas de las sencillas preguntas que

motivaron a los primeros científicos y siguen estimulando a muchos en la actualidad. A lo largo de la historia, se advierte que sin haber estudiado la conducta de los organismos o sin conocer para qué se seleccionaron nuestros sistemas mentales evolucionados, la resolución de la pregunta acerca del «yo» frente a la máquina se convierte en un objetivo imposible. Como observó el gran neurocientífico David Marr, no es posible comprender cómo funciona un ala de pájaro estudiando únicamente sus plumas. A medida que se acumulan los datos, tenemos que darles un contexto funcional y, en un momento posterior, examinar en qué sentido ese contexto puede restringir a los elementos subyacentes que generan la función. Vayamos por partes.

El desarrollo del cerebro

Cabría esperar que algo de apariencia tan concisa y breve como el «desarrollo del cerebro» fuera sencillo de estudiar y comprender, pero en los seres humanos el desarrollo es complejo, pues abarca no solo lo neuronal sino también lo molecular, y no solo el cambio cognitivo a lo largo del tiempo sino también la influencia del mundo externo. Lo cierto es que no resulta nada sencillo. La separación del marco factual respecto de la teorización suele ser un proceso arduo y largo con numerosos rodeos, y así es como se han ido desentrañando los principios básicos del desarrollo y el funcionamiento cerebral.

Equipotencialidad

A principios del siglo XX se dio uno de esos rodeos, cuyas repercusiones, tanto en el mundo científico como entre los legos en ciencia,

siguen asediándonos bajo la forma de la dicotomía «naturaleza/educación». En 1948, dos de los principales psicólogos de Canadá y Estados Unidos, Karl Lashley y Donald Hebb, se reunieron en mi antigua universidad, el Dartmouth College, para debatir la siguiente cuestión: ¿el cerebro es una tábula rasa esencialmente lo que denominamos hoy en día «plástica» o presenta restricciones y viene de algún modo determinado por su estructura?

Durante los veinte años anteriores había prevalecido la teoría de la tábula rasa y Lashley había sido uno de sus primeros defensores. Lashley fue uno de los primeros investigadores que emplearon métodos fisiológicos y analíticos para estudiar los mecanismos cerebrales y la inteligencia en los animales; había provocado lesiones controladas en el córtex cerebral de las ratas y había cuantificado los efectos, midiendo su conducta antes y después de la intervención. Aunque observó que la cantidad de tejido cortical que retiraba repercutía en el aprendizaje y la memoria, su localización no tenía el mismo efecto. Ello lo convenció de que la pérdida de aptitudes se relacionaba con el volumen de córtex extirpado, no con su localización. No se planteó que una lesión determinada pudiera dar lugar a la pérdida de una determinada capacidad. Postuló los principios de la *acción de masa* (la acción del cerebro en su conjunto determina su rendimiento) y la *equipotencialidad* (cualquier parte del cerebro puede desempeñar una determinada tarea y, por tanto, no hay especialización).[3]

Durante sus estudios universitarios, Lashley se situó en la órbita de influencia de John Watson, el director del laboratorio psicológico de la Universidad Johns Hopkins, con quien llegó a entablar amistad. Watson, un conductista categórico y férreo defensor de la tábula rasa, declaró en 1930: «Denme una docena de bebés sanos, bien formados, y un mundo específico propio para educarlos, y garantizo que puedo tomar a cualquiera de ellos al azar y educarlo para que llegue a ser especialista de cualquier disciplina de mi elección

—médico, abogado, artista, hombre de negocios y, sí, también mendigo y ladrón—, independientemente de sus talentos, aficiones, tendencias, capacidades, vocación y raza de sus antepasados».[4] Los principios de Lashley de la acción de masa y la equipotencialidad encajan bien en el marco del conductismo.

Uno de los primeros neurobiólogos del desarrollo, Paul Weiss, aportó más datos que respaldaban la idea de la equipotencialidad. También consideraba que el cerebro no era tan específico en su desarrollo y acuñó la famosa frase «la función precede a la forma»,[5] a partir de los resultados de sus experimentos en los que injertó una extremidad adicional en un tritón, anfibio perteneciente a la familia de la salamandra. La cuestión era la siguiente: ¿los nervios se desarrollaban de forma concreta para la nueva extremidad o se desarrollaban aleatoriamente y luego, a través del uso de la extremidad, se adaptaban para ser neuronas de dicha extremidad? Había observado que las extremidades trasplantadas a la salamandra se inervaban y eran capaces de aprender a moverse de manera totalmente coordinada y sincronizada con la extremidad adyacente. Roger Sperry, un alumno de Weiss que posteriormente fue mi mentor, resumió este principio de resonancia de Weiss, ampliamente aceptado, como «un modelo en el que el desarrollo de las conexiones sinápticas se concebía como algo no selectivo, difuso y universal en contactos descendentes».[6] Así que en aquella época se consideraba que «todo valía» en el sistema nervioso, neurona a neurona, y no había ningún sistema estructurado. Lashley postuló la idea, los conductistas la desarrollaron y el principal zoólogo de la época la aceptó.

Conexiones neuronales y neuroespecificidad

Pero Donald Hebb no estaba convencido. Aunque había estudiado con Lashley, Hebb era un pensador independiente y empezó a desa-

rrollar su propio modelo. Conjeturó que lo importante era el funcionamiento de las conexiones neuronales específicas y rehuyó las ideas de la acción de masa y la equipotencialidad. Ya había rechazado las ideas de Ivan Pavlov, el gran fisiólogo ruso, que concebía el cerebro como un gran arco reflejo. Hebb estaba convencido de que las operaciones del cerebro explicaban la conducta y de que no podían separarse la psicología y la biología de un organismo, una idea bastante aceptada en nuestros días, pero inusual en la época. Al contrario de los conductistas, para quienes el cerebro se limitaba a reaccionar ante los estímulos, reconocía que el cerebro estaba siempre en funcionamiento, aunque no hubiera ningún estímulo presente. Intentó definir un marco que contemplase ese hecho con los escasos datos conocidos en los años cuarenta sobre el funcionamiento del cerebro.

Hebb decidió postular cómo ocurría esto a partir de sus investigaciones. La sentencia de muerte del conductismo estricto y la vuelta a la idea inicial que concedía gran relevancia a la conectividad neuronal llegó en 1949 con la publicación del libro de Hebb *Organización de la conducta*. Allí se afirmaba lo siguiente: «Cuando un axón de la célula A está lo suficientemente cerca como para estimular la célula B y logra activarla de forma reiterada o persistente, se desencadena cierto proceso de desarrollo o cambio metabólico en una de las dos células o en ambas, de tal manera que se incrementa la eficiencia de A, como una de las células que activan B».[7] Este principio se conoce en neurociencia de forma coloquial como «las neuronas que se activan juntas se interconectan» y constituye el fundamento de las hipótesis de Hebb acerca del aprendizaje y la memoria. Conjeturó que los grupos de neuronas que se activan juntas constituyen lo que denominó *ensamblado celular*. Las neuronas del ensamblado pueden seguir activándose después del acontecimiento que las ha estimulado, y Hebb sugirió que esta persistencia es una forma de memoria y que el pensamiento es la activación secuencial

de los ensamblados. En resumen, las ideas de Hebb ponían de relieve la idea de la importancia de la conectividad, que continúa siendo un objeto de estudio esencial de la neurociencia.

Hebb centró su atención en las redes neuronales y en cómo funcionan para adquirir la información. Aunque no analizó el modo en que se originan dichas redes, una de las consecuencias de su teoría es que el pensamiento afecta al desarrollo del cerebro. De hecho, en los primeros experimentos con ratas publicados en 1947, Hebb había mostrado que la experiencia puede afectar al aprendizaje.[8] Hebb comprendió que esta teoría sería objeto de revisiones a medida que se conocieran mejor los mecanismos cerebrales, pero su insistencia en la combinación de la biología con la psicología señaló el camino que en poco más de una década daría origen al nuevo campo de la neurociencia.

Se empezaba a entender que, una vez que se adquiere y almacena la información, cada zona del cerebro emplea esa información de modos distintos y particulares. No obstante, persistía la duda sobre cómo se formaban las redes. En suma, ¿cómo se desarrolla el cerebro?

La obra fundacional que se convirtió en el eje de la neurociencia moderna y recalcó la importancia de la neuroespecificidad se debe a Roger Sperry, discípulo de Paul Weiss. Cómo se producía la conectividad era la cuestión que más le fascinaba. Sperry era escéptico con respecto a la explicación de Weiss sobre el desarrollo nervioso, donde la actividad funcional desempeñaba un papel predominante en la formación de los circuitos neuronales. En 1938, el año en que comenzó su investigación, salieron a la luz otros descubrimientos que desmentían la doctrina de la plasticidad funcional del sistema nervioso: dos médicos de la Johns Hopkins Medical School, Frank R. Ford y Barnes Woodall, relataron sus experimentos con pacientes clínicos cuyos trastornos funcionales, después de la regeneración del nervio, persistían durante años sin mejoría alguna.[9] Sperry decidió

investigar la plasticidad funcional en las ratas observando los efectos conductuales de los cambios en las conexiones nerviosas. Intercambió las conexiones nerviosas entre los músculos opuestos flexor y extensor de la pezuña trasera de cada rata, lo que dio lugar a la inversión del movimiento del tobillo, con el fin de observar si los animales eran capaces de aprender a mover el pie correctamente, tal como predecía el modelo funcionalista de Weiss. Le sorprendió descubrir que las ratas nunca llegaban a adaptarse, ni siquiera después de largas horas de entrenamiento.[10] Por ejemplo, al subir por una escalera el pie se levantaba cuando tenía que bajarse y viceversa. Sperry había supuesto que se establecerían nuevos circuitos y se reanudaría el funcionamiento normal, pero observó que las neuronas motoras no eran intercambiables. Luego probó con el sistema sensorial, injertando nervios de la piel de un pie en el otro. De nuevo las ratas siguieron teniendo falsas sensaciones de referencia: cuando el pie derecho recibía una descarga, levantaban el izquierdo; cuando tenían una herida en el pie derecho, se lamían el izquierdo.[11] Los sistemas motores y sensoriales carecían de plasticidad. Lamentablemente, Weiss se había equivocado al escoger la salamandra como modelo del ser humano en sus experimentos, puesto que la regeneración del sistema nervioso se da únicamente en los vertebrados inferiores, es decir, los peces, las ranas y las salamandras. Sperry volvió a la idea de que cierto tipo de quimiotaxis regulaba el desarrollo y la terminación de las fibras nerviosas, hipótesis propuesta a principios del siglo XX por uno de los grandes neurocientíficos de todos los tiempos, Santiago Ramón y Cajal.

Sperry pensaba que el desarrollo de los circuitos nerviosos era consecuencia de una codificación genética sumamente específica de los contactos nerviosos. Llevó a cabo decenas de ingeniosos experimentos para corroborar su hipótesis. En uno de ellos, cogió una rana y, mediante una intervención quirúrgica, invirtió la posición del ojo de arriba abajo. Posteriormente, cuando pusieron una

mosca delante de la rana, ésta desplegó la lengua en dirección contraria con el propósito de cazarla. Aunque el ojo se mantuvo en esa posición durante meses, la rana siguió buscando a la mosca en la dirección opuesta. Había especificidad en el sistema: no era plástico y no podía adaptarse. Luego cogió un pez y cortó algunas partes de sus retinas. A medida que se regeneraban los nervios, observó dónde se desarrollaban en la parte del cerebro medio que recibe las señales de los ojos, el téctum óptico. Resultó que se desarrollaban de forma muy específica: si crecían desde la parte posterior de la retina, llegaban a la parte delantera del téctum; si surgían de la parte delantera de la retina, llegaban a la parte posterior del téctum. Dicho de otro modo, había una localización específica a la que llegaban independientemente de su posición inicial. Sperry concluyó lo siguiente: «Cada vez que se desconectaban y trasplantaban los sistemas de fibras centrales o simplemente se revolvían mediante una burda sección quirúrgica, la regeneración siempre daba lugar a una recuperación funcional ordenada y en condiciones que no requerían ajustes reeducativos».[12] Posteriormente, en la década de 1960, se observó y fotografió el desarrollo nervioso, lo que puso de manifiesto que el extremo creciente del nervio envía continuamente varios microfilamentos, o tentáculos, que exploran todas las direcciones, alargándose o retrayéndose a medida que perciben la orientación correcta en la que conviene extender el crecimiento del nervio.[13] Sperry sostenía que los factores químicos determinaban el microfilamento que prevalecía y marcaba el rumbo de desarrollo. Según su modelo de desarrollo neuronal, las neuronas se desarrollan para encontrar su conexión en el cerebro mediante el envío de pequeños filopodios (finas proyecciones citoplasmáticas de la célula) que sondean en qué sentido deben ir —analizando las aguas, por así decirlo— y, gracias a un gradiente químico, encuentran su camino hacia un lugar concreto.

Esta idea fundamental ha llevado a postular el concepto de la

especificidad neuronal, que todavía prevalece en la neurociencia de nuestros días. A grandes rasgos, perdura el modelo general de desarrollo neuronal de Sperry, aunque se ha alterado y modificado mediante la introducción de sutiles ajustes. Con la conectividad y el desarrollo neuronal bajo control genético, la consecuencia global de este mecanismo es que el modelo de organización cerebral en el reino vertebrado es más o menos idéntico. Leah Krubitzer, neurobióloga evolutiva de la Universidad de California en Davis, sostiene que es probable que exista un patrón genético común para el córtex de todas las especies determinadas por los mismos genes y lo resume así: «Esto explicaría la persistencia de un modelo de organización o un programa de desarrollo común en todos los mamíferos examinados, así como la existencia de vestigios de un aparato sensorial y áreas corticales que no parecen utilizar un determinado sistema sensorial en los mamíferos».[14] Algunas partes se alteran ligeramente por los diversos tamaños y formas del cráneo y el cerebro, pero las relaciones responden al mismo plan general.

Así como los experimentos de Lashley y Weiss mostraban que diversas áreas del cerebro estaban indiferenciadas y eran intercambiables, Sperry demostró lo contrario: la mayor parte de las redes cerebrales están determinadas genéticamente por ciertas codificaciones químicas o fisioquímicas de rutas y conexiones. Se trata de un modelo preprogramado en el que la diferenciación, la migración y la orientación de los axones de las células nerviosas dependen del control genético, pero el enfoque nativista puro, según el cual la mente posee ideas que son exclusivamente innatas y no derivan de fuentes externas, planteaba un problema. Hebb ya entrevió los límites de esta concepción.

Experiencia

Más o menos cuando Sperry afinaba su teoría del desarrollo nervioso a principios de la década de 1960, un joven biólogo, Peter Marler, se fascinó con los pájaros cantores. Estas aves aprendían los cantos de sus padres. En sus trabajos de campo botánicos había observado que los pájaros cantores de la misma especie tenían distintos cantos (que denominó dialectos) según las regiones que habitaran. Al examinar el gorrión de corona blanca, descubrió que las crías eran capaces de aprender una serie de sonidos durante un breve período especialmente sensible de entre los treinta y los cien días de edad. Se preguntó si podría controlar ese aprendizaje exponiéndolos a un determinado canto. Aisló a las crías durante ese período especialmente sensible y las expuso a los cantos de su propio dialecto o bien a un dialecto de otro territorio. Aprendieron el dialecto al que estuvieron expuestas. De modo que el dialecto que aprendían dependía de su experiencia. Entonces se preguntó si serían capaces de aprender el canto ligeramente distinto de una especie diferente de gorrión si lo oían durante ese período. Intentó alternar su canto con el de una especie distinta de gorrión que era común en su hábitat natural, pero solo aprendieron el canto de su propia especie.[15] Así pues, aunque el dialecto de canto que aprendían dependía del canto al que estaban expuestos durante ese período, las variaciones del canto que eran capaces de aprender eran muy limitadas. Había restricciones neuronales preexistentes en lo que eran capaces de aprender. Tales restricciones programadas suponían un problema para la tesis de la tábula rasa, pero eso no fue una sorpresa para Niels Jerne.

Selección frente a instrucción

En los años cincuenta, Niels Jerne, el famoso inmunólogo suizo, convulsionó el mundo de la inmunología. En la época, los inmunólogos coincidían casi de forma unánime en que la formación de anticuerpos era equivalente a un proceso de aprendizaje en el que el antígeno desempeñaba un papel instructivo. Los antígenos suelen ser proteínas o polisacáridos que constituyen partes de las superficies celulares. Estas células pueden ser microbios, como las bacterias, los virus o los parásitos, o no microbios, como el polen, la clara de huevo, la proteína de tejidos u órganos trasplantados o la superficie de los glóbulos transfundidos. Jerne conjeturó que lo que ocurría era algo bastante distinto. En lugar de la tesis dominante en la época, según la cual se formaba un anticuerpo específicamente diseñado en cuanto se presentaba un antígeno, Jerne lanzó la hipótesis de que el cuerpo nacía con los diversos tipos de anticuerpos que iba a tener: los antígenos eran simples moléculas que uno de esos anticuerpos innatos reconocía o seleccionaba. No ocurría ningún proceso de instrucción, solo un proceso de selección. El sistema inmune es un sistema de por sí complejo, no se hace más complejo con el tiempo. Sus ideas son el fundamento de lo que hoy se sabe sobre la respuesta de los anticuerpos y la teoría de la selección clonal (la clonación —es decir, la multiplicación— de los glóbulos blancos, también llamados linfocitos, con los receptores que se unen a los antígenos invasores). Gran parte de estos anticuerpos nunca se encontrará con un antígeno foráneo afín, pero los que lo hacen se activan y producen muchos clones de sí mismos para unirse al antígeno invasor y desactivarlo.

Jerne continuó agitando los saberes científicos de la época. Posteriormente sugirió que si el sistema inmune funciona según este proceso de selección, es probable que ocurra lo mismo con otros sistemas, incluido el cerebro. En un artículo de 1967, titulado «An-

tibodies and Learning: Selection versus Instruction»,[16] señaló la importancia de concebir el cerebro como un órgano que responde a los procesos de selección y no a la instrucción: el cerebro no era una masa indiferenciada capaz de aprender todo, del mismo modo que el sistema inmune no era un sistema indiferenciado capaz de producir cualquier tipo de anticuerpo. Avanzó la sorprendente hipótesis de que el aprendizaje puede ser un proceso a través del cual se revisan las capacidades preexistentes que poseemos de forma innata para aplicarlas a un desafío concreto que afrontamos en un momento dado. Dicho de otro modo, estas capacidades son redes neuronales genéticamente determinadas y especializadas para determinados tipos de aprendizaje. Un ejemplo manido es que resulta fácil aprender a tener miedo de las serpientes, mientras que resulta difícil aprender a tener miedo de las flores. Tenemos una plantilla integrada que suscita una reacción de miedo cuando detectamos ciertos tipos de movimiento, como el deslizamiento en la hierba, pero en cambio no poseemos ninguna reacción innata a las flores. Aquí, al igual que en el sistema inmune, la idea es que la complejidad es propia del cerebro, junto con la especificidad de la que hablábamos más arriba, ejemplificada con el canto del gorrión de corona blanca. La idea más importante es que existe selección a partir de la capacidad preexistente, pero también ello conlleva una serie de restricciones: si la capacidad no está integrada, no existe.

Un famoso ejemplo de selección que se da en el mundo de la biología poblacional se ha observado en la primera aula de Darwin, las islas Galápagos. En 1977 una sequía provocó la pérdida de las cosechas de casi todos los arbustos productores de semillas, lo que a su vez supuso una elevada mortalidad de los pinzones terrestres medianos adultos. Los pinzones terrestres tenían picos de tamaño variable. Comían una dieta de semillas y su sustento dependía del pico. Los pinzones con picos menores no eran capaces de romper los frutos leñosos de tríbulo ni las semillas más duras que continua-

ban siendo semillas en las épocas de sequía, pero los pinzones de pico mayor sí lograban abrirlos. Las escasas provisiones de semillas más blandas se agotaron enseguida, de manera que únicamente quedaron las semillas más duras y de mayor tamaño que solo estaban al alcance de las aves de pico grande. Los pinzones de pico pequeño perecieron y solamente sobrevivieron los de pico mayor: selección a partir de la capacidad preexistente. Al año siguiente, las crías de las aves supervivientes tendieron a ser de mayor tamaño y con picos más grandes.[17]

La concepción actual del cerebro no coincide con la que describieron Lashley, Watson y Weiss. Su modelo caracterizaba el cerebro como una masa indiferenciada preparada para aprender: cualquier cerebro podía aprender cualquier cosa. Para un cerebro así, era tan fácil aprender a disfrutar de la fragancia de las rosas como del olor de los huevos podridos; le resultaba tan fácil aprender a tener miedo de las flores como a temer a las serpientes. No sé si a sus invitados les gustará, pero a los míos, por muchas veces que vengan a cenar a mi casa, no les cautiva en absoluto la esencia de los huevos podridos que emana de la cocina. Sperry cuestionó este modelo y conjeturó que el cerebro está construido de una manera muy específica, genéticamente determinada, y que salimos de la fábrica de bebés en gran medida preprogramados. Sin embargo, esta tesis, aunque esclarecía gran parte de los hechos, no explicaba todos los datos que siguieron desprendiéndose de las sucesivas investigaciones. No explicaba por completo lo que ocurría con los pájaros cantores de Marler.

Proceso dependiente de la actividad

Como suele suceder en neurociencia, la cosa no acababa ahí. Wun Sin, Kurt Kass y sus colegas, al estudiar el desarrollo neuronal en el

téctum óptico del cerebro de la rana, observaron que mediante un leve estímulo podían incrementar el índice de desarrollo y el número de proyecciones ramificadas, o espinas dendríticas, en el extremo de la célula nerviosa. Estas espinas dendríticas conducen la estimulación eléctrica desde otras células nerviosas y en conjunto se conocen como el árbol dendrítico. Así pues, el incremento de la actividad visual impulsaba el desarrollo del nervio.[18] Frente al modelo de Sperry, según el cual el desarrollo depende únicamente de un tipo de quimiotaxis (donde las células dirigen su movimiento hacia determinados químicos), la actividad real de la neurona, su experiencia, también impulsa su desarrollo y las conexiones neuronales que establece posteriormente. Eso es lo que se conoce como un *proceso dependiente de la actividad*.

Muy a mi pesar, se ha demostrado recientemente que mi madre tenía razón: debería haber practicado más el piano. De hecho, cualquier habilidad motora se perfecciona con la práctica. La práctica no solo cambia la eficacia de las sinapsis,[19] sino que, según se ha demostrado recientemente,[20] las conexiones sinápticas en el ratón vivo responden con gran rapidez a la ejercitación de las habilidades motoras y se renuevan constantemente. El entrenamiento de un ratón de un mes de edad para alcanzar algo con la pata delantera provocó enseguida (¡en una hora!) la formación de espinas dendríticas. Después del ejercicio, la densidad de la espina global volvió al nivel inicial, eliminando algunas de las viejas espinas y estabilizando las nuevas que se habían formado durante el aprendizaje. Estos mismos investigadores mostraron que las diversas habilidades motoras se codifican a través de conjuntos distintos de sinapsis. La buena noticia es que a lo mejor no es tarde para seguir el consejo de mi madre (al menos en el caso de los ratones). La práctica de nuevas tareas también promueve la formación de espinas dendríticas en la edad adulta. La mala noticia es que tendré que practicar. El aprendizaje motor es el resultado de la reorganización sináptica, y las co-

nexiones neuronales estabilizadas parecen el fundamento de la memoria motora duradera.

El aprendizaje asociativo es otro ejemplo de cómo la experiencia puede alterar la conectividad neuronal. Si ha visto la película *Seabiscuit. Más allá de la leyenda*, recordará el momento en que reentrenan al caballo para que empiece a correr al oír el tañido de una campana. Cuando sonaba la campana, *Seabiscuit* recibía también un azote con la fusta, lo que a su vez evocaba la respuesta de «huida» y le impulsaba a correr. Tras varios intentos, corría simplemente con el sonido de la campana y así ganó al campeón de la Costa Este, *War Admiral*.

Como vemos, aunque el patrón de conectividad global está sujeto al control genético, los estímulos externos del entorno y el entrenamiento también afectan al desarrollo y la conectividad neuronal. Según la concepción actual del cerebro, el proyecto a gran escala es genético, mientras que las conexiones específicas a nivel local son dependientes de la actividad y están en función de los factores epigenéticos y la experiencia. Tanto la naturaleza como la educación son importantes, como sabe muy bien cualquier dueño de mascotas o cualquier padre observador.

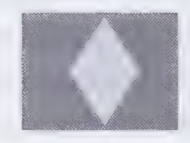
La complejidad preexistente

En la psicología del desarrollo humano abundan los ejemplos de bebés que intuitivamente tienen conocimientos de física, biología y psicología. Durante años Elizabeth Spelke, en Harvard, y Renée Baillargeon, en la Universidad de Illinois, han investigado lo que saben de física los bebés. Se trata de un conocimiento que los humanos adultos dan por sentado y raras veces se plantean de dónde viene. Por ejemplo, la taza de café que tiene en la mesa de trabajo normalmente no le llamará mucho la atención. Sin embargo, si de pronto viera que la taza sale disparada hacia el techo, le llamaría

tanto la atención que se quedaría mirándola fijamente. Habría desafiado la gravedad. Usted espera que los objetos se adapten a un conjunto de normas y, si no es así, se sorprende. Aunque no hubiera aprendido nada en el colegio sobre la ley de la gravedad, se habría quedado atónito contemplando la taza. Lo mismo le ocurre a un bebé. Si el biberón saliera disparado hacia el techo, el niño lo miraría sorprendido.

Teniendo en cuenta que los bebés se quedan mirando durante más tiempo aquellos objetos que no se adaptan a un conjunto de normas, los investigadores han deducido cuáles son esas normas para el bebé. Baillargeon colocó una pelota delante de unos bebés de tres meses y medio y luego la tapó con una mampara. Entonces retiró a escondidas la pelota. Cuando quitó la mampara y la pelota ya no estaba, los bebés se quedaron asombrados. Esto es así porque ya captan la ley física de que la masa no puede traspasar la masa. A los tres meses y medio, los bebés esperan que los objetos sean permanentes y no desaparezcan cuando no están a la vista.[21] En muchos otros experimentos, se ha observado que los niños esperan que los objetos sean una unidad en lugar de escindirse espontáneamente cuando se tira de ellos. También esperan que mantengan la misma forma si pasan por detrás de una mampara y vuelven a aparecer: una pelota no puede convertirse en un oso de peluche. Esperan que las cosas avancen por caminos continuos y no atraviesen huecos en el espacio; hacen suposiciones sobre las formas parcialmente ocultas: la mitad visible de la esfera debe ser una bola, y no debe tener patas, cuando se le muestre entera. También esperan que un objeto no se mueva solo si nadie lo toca, así como que sea sólido y no traspase otro objeto.[22] Este es el conocimiento que está genéticamente determinado y es innato. ¿Cómo sabemos que no es un conocimiento adquirido? Porque todos los bebés del mundo saben las mismas cosas a la misma edad, independientemente de los procesos de aprendizaje a los que se hayan visto expuestos.

El sistema visual humano también se caracteriza por su complejidad preexistente. En el nivel de la percepción humana, hay muchos otros procesos automáticos que son producto de la misma complejidad. Por ejemplo, en el ámbito visual, lo que hay no es necesariamente lo que se ve. Es bien sabido que dos cuadrados con el mismo tono de color parecen tener un brillo distinto cuando se presentan ante dos fondos diferentes. Un cuadrado gris sobre fondo más oscuro parece más claro que el mismo cuadrado sobre un fondo más claro.



La luminancia de un objeto viene determinada básicamente por la incidencia de la luz en él, el reflejo de su superficie y la transmitancia del espacio (por ejemplo, si hay niebla o un filtro) entre el observador y el objeto. La percepción de la luminancia de un objeto se denomina brillo. Sin embargo, no existe una correspondencia simple entre la luminancia de un objeto y su brillo percibido. Si se producen cambios en cualquiera de las tres variables, la intensidad relativa de la luz que llega al ojo puede divergir o no, dependiendo de las combinaciones de las variables. Por ejemplo, fíjese en las cuatro paredes de la sala en la que se encuentra. Pueden estar todas pintadas del mismo color pero a lo mejor una parece más clara que otra, dependiendo de cómo esté iluminada. Una pared puede parecer de color blanco brillante y otra gris claro, mientras que la tercera puede ser gris oscuro. Si vuelve en otro momento del día, cuando haya cambiado la luz, también apreciará variaciones en el brillo de las paredes. Por tanto, no existe una relación fija entre la fuente del estímulo visual y los elementos que se combinan para producir el estímulo; y el sistema visual no tiene manera de averiguar cómo

se han combinado dichos factores para producir los valores de luminancia en la imagen que llega a la retina.

¿Por qué evolucionó así el sistema? Dale Purves, Beau Lotto y sus colegas, investigadores de la Duke University, señalan que la conducta exitosa requiere respuestas compatibles con el origen del estímulo, más que con propiedades medibles del estímulo, y esto solo puede aprenderse mediante la experiencia pasada, tanto el pasado del individuo como su pasado evolutivo.[23] Por ejemplo, aprender la luminancia de una fruta madura que pende del árbol ante un fondo de follaje es más ventajoso que sus propiedades ópticas específicas. Dicho de otro modo, sugieren que el circuito visual y la percepción resultante se han seleccionado según los éxitos pasados de la conducta guiada por el sistema visual. «Si esta idea es correcta, en la medida en que el estímulo sea coherente con las superficies de los objetivos que son reflectantes de un modo similar bajo el mismo iluminante, los objetivos tenderán a parecer asimismo brillantes. Sin embargo, siempre que el estímulo sea coherente con la experiencia pasada del sistema visual con objetos que son reflectantes de distinta manera con diversos niveles de iluminación, tenderá a parecer que los objetivos tienen un brillo distinto.»[24] La cuestión es que no somos conscientes de esto desde un punto de vista cognitivo. Nuestro sistema perceptivo visual ha evolucionado a través de un proceso de selección hasta desarrollar este complejo mecanismo automático innato.

Hacia el *Homo sapiens*

Los paleoantropólogos creen que los seres humanos actuales comparten con el chimpancé un antepasado común que vivió en algún lugar hace entre cinco y siete millones de años. Por algún motivo, seguramente como consecuencia de un cambio climático que pudo

haber alterado el suministro de alimentos, se produjo una escisión en nuestro linaje común. Tras varios intentos fallidos y algunas ramificaciones poco exitosas, un linaje dio lugar a los chimpancés (*Pan troglodytes*) y el otro al *Homo sapiens*. Aunque los *Homo sapiens* somos el único homínido superviviente de este linaje, hubo muchos antes de nosotros. Los escasos restos fósiles de estos homínidos nos aportan pistas sobre nuestra evolución.

Nuestro primer antepasado bípedo

En particular, un fósil homínido causó una gran conmoción. En 1974, Donald Johanson asombró al mundo antropológico cuando descubrió el primer fósil de lo que dio en llamarse el *Australopithecus afarensis*, que aproximadamente data de hace cuatro millones de años. Se encontró casi el cuarenta por ciento del esqueleto y algunas partes del hueso pélvico mostraban que eran los restos de una hembra: la ya famosa Lucy. El descubrimiento de Lucy no fue lo más asombroso. Lo sorprendente era que, aunque era plenamente bípeda, no tenía un gran cerebro. Hasta ese momento, se pensaba que nuestros antepasados habían desarrollado primero un cerebro grande y que ese cerebro grande y sus grandes ideas habían conducido al bipedismo. Unos años después, en 1980, Mary Leakey encontró huellas fósiles de *Australopithecus afarensis* que databan de hace tres millones y medio de años y tenían casi la misma forma y distribución del peso que nuestras huellas actuales, lo que aportó pruebas adicionales de la existencia de un bipedismo pleno antes de la evolución del cerebro grande. Más recientemente, Tim White y sus colegas han hecho otro descubrimiento fascinante. Han encontrado varios fósiles, incluido un pie intermedio, de *Ardipithecus ramidus*, que data de hace cuatro millones cuatrocientos mil años.[25] Con cada descubrimiento fósil, los teóricos tienen que reelaborar sus tesis. Tim White

y su equipo, que trabaja por todo el mundo, sugieren que nuestro último antepasado común con el chimpancé era menos semejante al chimpancé de lo que se pensaba y que, desde la divergencia, el chimpancé en sí ha experimentado más cambios evolutivos de lo que se creía hasta ahora.

Uno de estos teóricos, el psicólogo Leon Festinger, sentía curiosidad por los orígenes del hombre moderno y se preguntaba cuál de nuestros antepasados podía reconocerse como el primer ser humano. Señaló que el bipedismo debía de ser una «desventaja casi desastrosa»,[26] porque reducía en gran medida la velocidad del movimiento, tanto al correr como al trepar. Además, así como un animal de cuatro patas puede correr bien con tres, no ocurre lo mismo con un animal bípedo con una pierna herida. Esta desventaja los hacía más vulnerables a los predadores.

La estructura bípeda supuso otra desventaja: el canal del parto era más pequeño. Una pelvis más ancha imposibilitaba el bipedismo desde el punto de vista mecánico. En el embrión, los cráneos de primates forman placas corredizas que envuelven el cerebro y no se fusionan hasta después del parto. De este modo, el cráneo sigue siendo lo suficientemente plegable para pasar por el canal del parto, pero también permite que el cerebro se desarrolle después del nacimiento. El bebé humano al nacer tiene un cerebro que es tres veces mayor que el de un bebé chimpancé, pero menos avanzado en el desarrollo, de modo que, en comparación con otros simios, nacemos prematuramente con un año menos de desarrollo, lo que supone otra desventaja: los bebés humanos son seres desvalidos y necesitan que los cuiden durante más tiempo. Sin embargo, después del nacimiento, se observa una diferencia asombrosa entre el desarrollo del cerebro del niño y el del pequeño chimpancé. El del niño continúa expandiéndose durante la infancia y adolescencia y triplica su tamaño con todo tipo de mejoras e influencias que ocurren durante este período plástico. Acaba pesando unos mil trescientos gramos.

En cambio, el cerebro del chimpancé está casi plenamente desarrollado al nacer y acaba pesando unos cuatrocientos gramos.

El bipedismo trajo consigo algunas ventajas que permitieron que nuestros antepasados sobrevivieran y se reprodujeran con éxito. Festinger sugirió que la ventaja de estos homínidos no radicaba en que disponían de dos extremidades para usos distintos de la locomoción, sino en que tenían un cerebro lo suficientemente inventivo como para imaginar esos otros usos posibles: «A diferencia de lo que ocurre con las piernas del hombre, los brazos y las manos no eran ni son apéndices especializados. Se inventó una extraordinaria variedad de usos para los brazos y las manos, y esa invención es la palabra clave». Owen Lovejoy, a propósito de los fósiles de *Ardipithecus ramidus*, especula que los machos utilizaban dichos apéndices para llevar comida a las hembras en un trueque de comida por sexo, desencadenando toda una constelación de cambios fisiológicos, conductuales y sociales.[27] Festinger postuló la hipótesis de que el ingenio y la imitación impulsaban la evolución cerebral: «No todos los seres humanos que vivían hace dos millones y medio de años tenían la necesidad de idear la fabricación de herramientas con filos cortantes. [...] Si un individuo, o un pequeño grupo de individuos, inventaba un nuevo proceso, los otros podrían imitarlo y aprender». La mayor parte de lo que hacemos los seres humanos tiene su origen en la idea inteligente de un solo humano, idea que copiamos. ¿Quién fue el primero que elaboró el primer café con esos granos tan poco atractivos? Alguien con un cerebro distinto del mío. Sin embargo, por suerte, no hemos tenido que reinventar la rueda. Puedo aprovechar la idea inteligente de otra persona. La invención y la imitación son rasgos universales del mundo humano, pero extraordinariamente infrecuentes en nuestros amigos animales.

La reducida velocidad de movimientos y el mayor número de predadores, aunque suponían una aparente desventaja, fueron el gran instigador de muchos cambios cognitivos. Ese primer cerebro

inventivo tuvo que resolver inicialmente el problema de los predadores, lo que dio origen a la frase «la necesidad es la madre de todos los inventos». De los dos modos de burlar a un predador, uno consiste en ser mayor y más rápido, una opción inviable en nuestro caso. El otro requiere vivir en grandes grupos, a fin de aumentar la vigilancia y la protección, pero también para perfeccionar la eficiencia de la recolección y la caza. A lo largo de los años se han hecho muchas conjeturas intentando descubrir cuáles fueron las fuerzas que indujeron la incesante ampliación del cerebro homínido. Ahora parece que se reducen a dos los factores que impulsaron los procesos de selección natural y sexual: por una parte, una dieta que aportó las calorías adicionales necesarias para alimentar el exigente funcionamiento metabólico del cerebro de mayor tamaño y, por otra, los desafíos sociales surgidos de la vida en grupos mayores que aportaban protección.

¿El hecho de que tengamos un cerebro mayor explica las diferencias entre nosotros y otros animales?

Holloway retoma la idea del cerebro grande

La idea de que las capacidades humanas son una mera función del mayor tamaño cerebral proviene de Charles Darwin, quien dijo que «la diferencia entre el hombre y los animales superiores, aunque es grande, es cuestión de grado y no de clase».[28] Su paladín y aliado, el neuroanatomista T. H. Huxley, negaba que los seres humanos tuvieran rasgos cerebrales exclusivos al margen de su tamaño.[29] La idea de que la única diferencia entre el cerebro de los seres humanos y el de nuestros parientes primates más cercanos era el tamaño persistió como un axioma innegable hasta los años sesenta. Entonces Ralph Holloway, que hoy es profesor de Antropología en la Universidad de Columbia, se lanzó al ruedo. Sugirió que los cambios evolutivos en

la capacidad cognitiva son consecuencia de la reorganización cerebral, no únicamente de los cambios de tamaño.[30] Afirma lo siguiente: «Llegué a esta conclusión antes de 1964, durante un seminario [...] en el que expuse que algunos seres humanos microcefálicos cuyos tamaños cerebrales resultarían irrisorios para algunos gorilas, eran, sin embargo, capaces de hablar. Esto me indicaba que sus cerebros tenían una organización diferente de la de los grandes simios».[31] Finalmente, en 1999, Todd Preuss y sus colegas lograron aportar a Holloway algunas pruebas físicas. Fueron los primeros en detectar diferencias microscópicas en la organización cerebral entre los simios y los humanos.[32]

Otros datos que corroboran esta perspectiva provienen de los biólogos evolutivos Willem de Winter y Charles Oxnard. Estos autores han sugerido que el tamaño de una parte del cerebro se relaciona con sus vínculos funcionales con otras partes. Desarrollaron un análisis multivariante (un análisis con más de una variable estadística cada vez) basado en los ratios de partes cerebrales correspondientes a 363 especies y observaron que los grupos de especies con ratios de partes cerebrales más similares surgían a partir de los estilos de vida similares (locomoción, búsqueda de alimentos y dieta) más que a las relaciones filogenéticas (evolutivas). Por ejemplo, los murciélagos insectívoros del Nuevo Mundo tenían ratios de partes cerebrales más relacionados con los murciélagos carnívoros del Viejo Mundo que con sus parientes más cercanos desde el punto de vista filogenético, los murciélagos frugívoros del Nuevo Mundo. El análisis de De Winter y Oxnard reveló que las especies pertenecientes a un determinado grupo de estilo de vida presentaban una organización cerebral similar y que, por tanto, la convergencia y los paralelismos en las relaciones cerebrales se asociaban probablemente con las convergencias y los paralelismos en los *estilos de vida* que abarcaban diversos grupos filogenéticos.[33] Los seres humanos, que constituyen en sí un grupo, eran la única especie, de las 363 estudiadas, que tenía un

estilo de vida bípedo. Observaron una diferencia sumamente significativa, con una desviación estándar de 22 puntos,* entre la organización cerebral de los seres humanos y la de los chimpancés. Concluía lo siguiente: «La naturaleza de la organización cerebral humana es muy diferente de la de los chimpancés, que a su vez no difieren gran cosa de los otros grandes simios ni de los monos del Viejo Mundo».[34]

No es de extrañar que Darwin postulase únicamente un cambio de grado. Aunque todas las especies son únicas, los humanos estamos constituidos por muchos de los mismos componentes moleculares y celulares y hemos evolucionado en virtud de los mismos principios de selección natural. Se han observado antecedentes de todos los tipos de rasgos que antes considerábamos exclusivamente humanos. No obstante, Pasko Rakic, neuroanatomista de la Universidad de Yale, en una admonición que oiremos también en boca de otros, nos recuerda lo siguiente: «A todos nos seducen las extraordinarias similitudes observadas en la organización cortical entre las diversas especies y dentro de cada una, hasta tal punto que olvidamos que es en las diferencias donde debemos buscar el avance evolutivo que ha llevado al surgimiento de nuestras capacidades cognitivas».[35]

El debate sobre si son cuantitativas o cualitativas las diferencias entre el cerebro humano y el de otros animales, o entre los cerebros de otros animales entre sí, prosigue en nuestros días, aunque los datos que apuntan hacia una diferencia cualitativa, una diferencia de clase, son mucho más convincentes. El gran psicólogo David Premack, que intentó enseñar el lenguaje a los chimpancés durante años, está en la misma línea que Rakic: «La demostración de una

* La desviación estándar mide la dispersión de los datos alrededor de un valor medio. Si la desviación estándar es grande, la variabilidad es grande. Una distribución normal de datos generalmente cae dentro de tres desviaciones estándar mayores o menores que la media.

similitud entre una capacidad animal y una capacidad humana debería plantear automáticamente la siguiente pregunta: ¿cuál es esa disimilitud? Esta pregunta evitará la confusión entre la similitud y la equivalencia».[36]

Una de las principales disimilitudes que pone de relieve Premack es que las capacidades de otros animales no se generalizan. Cada especie tiene un conjunto sumamente limitado de capacidades y estas capacidades son adaptaciones restringidas a un único objetivo: la urraca azuleja hace planes con el único objetivo de obtener la comida futura, pero no para otras cosas, ni enseña o crea herramientas en su hábitat natural. Los cuervos crean herramientas en su hábitat natural, pero solo para obtener comida, y no planifican ni enseñan. Las suricatas no planifican ni crean herramientas en su hábitat natural, pero enseñan a sus crías una sola cosa: cómo comer escorpiones venenosos sin que les claven el aguijón. Ninguno es capaz de adaptar su habilidad a muchos otros ámbitos. La suricata enseña a su cría a comer escorpiones de manera segura. Los seres humanos, en cambio, enseñan todo tipo de cosas a sus pequeños y sus enseñanzas suelen generalizarse a otras habilidades. En suma, la enseñanza y el aprendizaje se han generalizado.

Como sucede con otros animales, los principales constituyentes de las capacidades humanas también evolucionaron como adaptaciones específicas, y los seres humanos poseen un número inigualable de destrezas sumamente refinadas que evolucionaron de este modo. La combinación de estas habilidades ha dado origen a otras capacidades para resolver problemas generales, de manera que se han generado destrezas ampliamente extendidas que son exclusivamente humanas. La consecuencia es una explosión de capacidad y desarrollo de la condición humana. Los neuroanatomistas modernos se han apresurado a señalar que, a medida que se asciende en la escala de los primates hasta los seres humanos, no solo es que se

añadan nuevas capacidades, como se conjeturaba anteriormente* sino que se reorganiza todo el cerebro. Nos queda todavía el siguiente problema espinoso: ¿qué ocurre en el cerebro para producir esta extraordinaria capacidad humana, cómo ha surgido y cómo se explica? Afortunadamente para no perder mi empleo y que los estudiantes universitarios de la materia tengan un futuro, el misterio sigue vivito y coleando, pero, como veremos enseguida, algunos de los secretos ya se están descubriendo.

Diferencias físicas que presenta el cerebro humano

El cuestionamiento de la teoría del cerebro grande ha inducido a los investigadores a emplear técnicas microscópicas más avanzadas de recuento y teñido de células para analizarlas en detalle. Y ahora se está abriendo ante nuestros ojos una grieta insalvable en los cimientos de la teoría del cerebro grande.

El mayor tamaño no explica su mejor calidad

Ciertos problemas ensombrecieron la teoría del cerebro grande ya antes de que se nos presentaran las diferencias microscópicas en 1999. Los neandertales tenían un cerebro mayor que el de los seres humanos, pero no dejaron prueba alguna de la amplia gama de habilidades

* El modelo del cerebro triúnico postulado por Paul Maclean. Según este modelo, la estructura cerebral se basa en su desarrollo evolutivo y está constituida por tres capas: la más antigua es la capa reptílica, a la que se superponen el sistema límbico y la capa más reciente, el neocórtex, que rodea las otras dos. Básicamente lo que sugería era que, a medida que evolucionamos, fuimos añadiendo capas cerebrales, como si añadiéramos vagones a un tren, razón por la que la llamo la teoría evolutiva del tren.

que poseemos ahora. A lo largo de la historia ha decrecido el tamaño del cerebro del *Homo sapiens.* Me llamó la atención esta pregunta mientras estudiaba a los pacientes con epilepsia intratable que se han sometido a una operación quirúrgica llamada callosotomía. En esta intervención, se secciona el ancho tracto nervioso que conecta los dos hemisferios, el cuerpo calloso, para impedir la conducción de los impulsos eléctricos. Sin embargo, el hemisferio izquierdo aislado, que no recibe ningún estímulo del hemisferio derecho (lo que en esencia supone la pérdida de la mitad del tamaño cerebral), sigue siendo tan inteligente como el cerebro en su conjunto. Si la cantidad del cerebro fuera tan importante, cabría prever una pérdida de capacidad en la resolución de problemas y en la habilidad de razonar cuando se pierde la mitad del cerebro, pero lo cierto es que no es así.

La tesis del número de neuronas se enfrenta ahora a otro problema. Al igual que Mark Twain afirmaba que «Se han exagerado mucho las noticias de mi muerte», lo mismo ocurre con las afirmaciones de que los seres humanos tienen un cerebro mayor de lo esperable en un simio de nuestro tamaño. En 2009, mediante una técnica de recuento de neuronas, Frederico Azevedo y sus colaboradores[37] descubrieron que, en lo que respecta al número de células neuronales y no neuronales, el cerebro humano es proporcionalmente un cerebro de primate agrandado: eso es lo que se espera de un primate de nuestro tamaño y no posee relativamente más neuronas.* También observaron que el ratio entre las células cerebrales no neuronales y las neuronas de las estructuras cerebrales humanas es similar al que se observa en otros primates, así como que el número de células coincide con lo que cabe esperar en un primate de proporciones huma-

* Determinaron que el cerebro humano masculino adulto contiene una media de 86.000 millones de neuronas y 85.000 millones de células no neuronales y, aunque el córtex cerebral representa el 82 por ciento de la masa cerebral, posee solo el 19 por ciento de las neuronas. La mayoría de las neuronas, el 72 por ciento, aparecieron en el cerebelo, lo que representa el 10 por ciento de la masa cerebral.

nas. En efecto, estos investigadores descubrieron que los seres humanos no constituyen ninguna excepción entre los primates por un tamaño del cerebro mayor de lo esperado en relación con el tamaño del cuerpo, mientras que los orangutanes y gorilas sí presentan un ratio excepcional, con un cuerpo mayor de lo esperado en relación con el tamaño del cerebro.

El cerebro humano tiene una media de 86.000 millones de neuronas, pero de ellas 69.000 millones se localizan en el cerebelo, la pequeña estructura situada en la parte posterior del cerebro que contribuye a perfeccionar el control motor. Todo el córtex, la zona que consideramos responsable del pensamiento y la cultura humanos, tiene solo 17.000 millones, el resto del cerebro tiene poco más de 1.000 millones. Los lóbulos frontales y el córtex prefrontal —la parte del cerebro humano que interviene en la memoria y la planificación, la flexibilidad cognitiva y el pensamiento abstracto, inicia la conducta adecuada e inhibe la inadecuada, aprende normas y escoge la información relevante percibida a través de los sentidos— tienen muchas menos neuronas que las áreas visuales, otras áreas sensoriales y las áreas motoras del córtex. Lo que es mayor en los lóbulos frontales con respecto al resto del cerebro es la arborización de las neuronas, la ramificación de las puntas dendríticas de las neuronas, con la consiguiente posibilidad de incrementar las conexiones.

Ahora se empieza a explicar el trabajo de los neuroanatomistas. Si el número de neuronas humanas es como una ampliación a escala del cerebro del chimpancé, los patrones de conectividad o las neuronas en sí deben ser diferentes.

Cambios de conectividad

Cuando se incrementa el tamaño del cerebro, lo que aumenta es el número de neuronas, sus conexiones y el espacio entre las neuronas.

El hallazgo de que el volumen del córtex cerebral humano es 2,75 veces mayor que el de los chimpancés, pero solo tiene 1,25 veces más neuronas,[38] indica que gran parte de la diferencia de masa corresponde al espacio entre los cuerpos celulares y lo que llena ese espacio. El espacio, conocido como neuropilo, está compuesto por la materia que constituye las conexiones: axones, dendritas y sinapsis. En general, cuanto mayor es la zona, mejor conectada está,[39] pues más neuronas se conectan con otras neuronas. A medida que se amplía el tamaño del cerebro, si cada neurona tuviera que conectarse con todas las demás, el incremento del volumen de conexiones y de su longitud para extenderse por todo el tamaño incrementado ralentizaría la velocidad de procesamiento de las señales nerviosas y el beneficio en conjunto sería trivial.[40] Lo que sucede no es que cada neurona se conecte con todas las demás. Se produce una caída en el porcentaje de conectividad. En un momento determinado, a medida que aumenta el tamaño absoluto del cerebro y se incrementa el número total de neuronas, decrece la conectividad proporcional y cambia la estructura interna en tanto en cuanto cambia el patrón de conectividad. Con el fin de añadir una nueva función, el decrecimiento de la conectividad proporcional obliga al cerebro a especializarse. Se crean pequeños circuitos locales, constituidos por un grupo interconectado de neuronas, para desempeñar determinadas funciones de procesamiento y se automatizan. El resultado de su procesamiento se transmite a otra parte del cerebro, pero se excluyen los cálculos utilizados para llegar a dicho resultado. Como vimos a propósito del problema de la percepción visual, el resultado del procesamiento —el juicio de que el cuadrado gris parece más claro o más oscuro— se transmite, pero no ocurre lo mismo con los pasos del procesamiento que llegaron a esa conclusión.

Las investigaciones de los últimos cuarenta años han mostrado que el cerebro humano tiene miles de millones de neuronas organizadas en circuitos locales denominados «módulos», especializados

en funciones específicas. Por ejemplo, un estudio de neuroimagen desarrollado por Mark Raichle, Steve Petersen y Mike Posner en el cerebro humano puso de manifiesto un caso de circuitos distintos que funcionan en paralelo y procesan estímulos diferentes. Una parte del cerebro reacciona cuando oye las palabras, otra parte reacciona al ver las palabras y otra distinta reacciona al pronunciarlas, y todas estas tareas pueden llevarse a cabo a la vez.[41] James Ringo, que comprendió la necesidad de que los cerebros mayores tengan una menor conectividad proporcional que da lugar a redes más especializadas, también señaló que esto explica el problema de las ratas de Karl Lashley y sus cerebros equipotenciales: sus pequeños cerebros no habían formado los circuitos especializados característicos de los cerebros mayores. Añadamos ahora a este análisis el comentario de Todd Preuss: «El descubrimiento de la diversidad cortical no pudo ser más inoportuno. Para los neurocientíficos, la diversidad significa que muchas generalizaciones sobre la organización cortical, basadas en estudios de unas pocas especies "modelo", como las ratas y los macacos rhesus, tienen fundamentos poco sólidos».[42]

Durante la evolución de los mamíferos, a medida que ha aumentado el tamaño del cerebro, el tamaño de la parte evolutivamente más joven, el neocórtex, ha aumentado de forma desproporcionada. El neocórtex de seis capas está constituido por células neuronales, las «celulillas grises» de Monsieur Poirot, y se superpone al córtex cerebral como una gran servilleta arrugada. El neocórtex es responsable de la percepción sensorial, la generación de órdenes motoras, el razonamiento espacial, el pensamiento consciente y abstracto, el lenguaje y la imaginación. Este incremento de tamaño está regulado por el ritmo de la neurogénesis, que, por supuesto, depende del control del ADN. Si el período de desarrollo es más largo, hay más divisiones celulares, lo que da lugar a un cerebro de mayor tamaño. Las capas más externas, las llamadas capas supragranulares (II y III), son las últimas en madurar[43] y se proyectan principalmente a otras

zonas del córtex.[44] A propósito de estas capas, Jeff Hutsler, de nuestro laboratorio, ha hecho una importante observación: en los primates existe un mayor incremento proporcional de neuronas de las capas II/III que en otros mamíferos. Constituyen el 46 por ciento del grosor cortical en los primates, el 36 por ciento en los carnívoros y el 19 por ciento en los roedores.[45] Esta capa es más gruesa a causa de su densa red de conexiones entre zonas corticales. Muchos investigadores creen que esta capa y sus conexiones intervienen activamente en las funciones cognitivas superiores mediante el enlace de las áreas motoras, sensoriales y asociativas. Los diversos grosores de estas capas en las distintas especies se corresponden con un grado desigual de conectividad,[46] factor que podría influir en las diferencias cognitivas y conductuales de las especies.[47] El incremento del tamaño del neocórtex probablemente permite crear circuitos corticales locales y un mayor número de conexiones.

Sin embargo, a medida que aumentó el tamaño de los cerebros primates, el cuerpo calloso, el ancho tracto de fibras neuronales que transmite información entre los dos hemisferios cerebrales, decreció proporcionalmente.[48] Así pues, el aumento del tamaño del cerebro se asocia con una reducida comunicación interhemisférica. Con el desarrollo evolutivo que ha dado lugar a la condición humana, los hemisferios han pasado a estar menos conectados entre sí. Paralelamente, ha aumentado el grado de conectividad dentro de cada hemisferio, es decir, el número de circuitos locales, lo que ha producido un mayor procesamiento local. Aunque muchos circuitos se duplican simétricamente en los dos lados del cerebro (por ejemplo, el hemisferio derecho tiene circuitos que controlan mayoritariamente los movimientos del lado izquierdo del cuerpo y el izquierdo tiene circuitos que controlan el lado derecho del cuerpo), hay muchos circuitos que existen en un solo hemisferio. Abundan en el cerebro los circuitos locales que se han lateralizado, es decir, que están presentes en uno solo de los dos hemisferios. En los últimos años he-

mos descubierto que existen asimetrías neuroanatómicas en muchas especies animales, pero los seres humanos parecen haber lateralizado en mayor medida los circuitos existentes.[49]

Parte del marco de nuestra lateralización probablemente estaba ya presente en nuestro último antepasado común con el chimpancé. Por ejemplo, mis colegas Charles Hamilton y Betty Vermeire, cuando investigaban la capacidad del mono macaco de percibir las caras, descubrieron la superioridad del hemisferio derecho para la detección de las caras de mono,[50] la misma tendencia que muestran los seres humanos ante la percepción de las caras humanas. Otros han observado que tanto los seres humanos como los chimpancés tienen hipocampos asimétricos (la estructura que regula el aprendizaje y la consolidación de la memoria espacial, el estado anímico, el apetito y el sueño), pues el derecho es mayor que el izquierdo.[51] Sin embargo, el linaje homínido ha sufrido otros cambios de lateralización. En la búsqueda de asimetrías entre los seres humanos y los demás primates, las áreas más estudiadas son las que afectan al lenguaje, en las cuales se han observado numerosas asimetrías. Por ejemplo, el plano temporal, un componente del área de Wernicke, la zona cortical asociada con la entrada del lenguaje, es mayor en el lado izquierdo que en el derecho de los seres humanos, chimpancés y monos rhesus, pero tiene elementos microscópicos exclusivos en el hemisferio izquierdo de los seres humanos. Las minicolumnas* corticales son más amplias y los espacios entre ellas son mayores. La distinta estructura neuronal resultante puede indicar que existe un modo más elaborado y menos redundante de procesar la información en el hemisferio izquierdo. Tal vez indica también que existe otro componente todavía desconocido en este espacio. En la estruc-

* Las neuronas individuales dentro de la lámina de seis capas del neocórtex se alinean con las de las láminas superiores e inferiores para formar columnas (denominadas microcolumnas o minicolumnas) de células que atraviesan las láminas en sentido perpendicular.

tura cortical de la región posterior del lenguaje y el área de Broca, que interviene en la producción y la comprensión del habla, también existen asimetrías, lo cual indica que ha habido cambios en la conectividad que son responsables de esta habilidad única.[52]

En las primeras fases de las investigaciones con escisión del cuerpo calloso, descubrimos otra diferencia anatómica sorprendente. En el cerebro de los chimpancés y los monos rhesus, la comisura anterior, un tracto fibroso que conecta las circunvoluciones temporales media e inferior de los dos hemisferios, participa en la transferencia de la información visual.[53] Sin embargo, en estudios más recientes sobre pacientes con cuerpo calloso escindido hemos descubierto que en los humanos la comisura anterior no transfiere información visual sino olfativa y auditiva: una misma estructura, diferente función. Otra diferencia notable es la ruta visual principal, que proyecta la información de la retina ocular al córtex visual primario en el lóbulo occipital (la parte posterior del cerebro) tanto en los monos como en los seres humanos. Los monos que presentan lesiones en el córtex visual pueden ver objetos en el espacio y diferenciar el color, la luminancia, la orientación y los dibujos.[54] En cambio, los seres humanos con las mismas lesiones no pueden desempeñar dichas tareas y están ciegos. Tales diferencias en las capacidades de los tractos cerebrales correspondientes ponen de relieve que existen diferencias entre las estructuras similares de distintas especies y que, de nuevo, debemos ser cautelosos con las comparaciones entre especies.

Una nueva técnica de neuroimagen, la llamada imagen por tensor de difusión, puede cartografiar las fibras nerviosas. Gracias a ella, ahora es posible obtener, observar, detectar y cuantificar el modo en que se organiza el cerebro humano en el nivel local. Mediante esta tecnología se han obtenido más pruebas de cambios en los patrones de conectividad neuronal. Por ejemplo, el tracto fibroso de materia blanca que en los seres humanos interviene en el len-

guaje, el fascículo arcuato, tiene una organización totalmente distinta en el mono, el chimpancé y el ser humano.[55]

Diversos tipos de neuronas

Hace unos años me pregunté si alguien pensaba que había diferencias en las células nerviosas de una especie a otra o si eran todas iguales. Planteé a varios neurocientíficos importantes la siguiente pregunta: «Si estuvieras registrando los impulsos eléctricos de una rebanada del hipocampo en un plato y no te dijeran si la rebanada es de ratón, mono o ser humano, ¿serías capaz de diferenciarla?». En aquella época, la mayor parte de los científicos coincidían en la respuesta: «Una célula es una célula es una célula. Es una unidad universal de procesamiento que solo difiere en su tamaño entre la abeja y el ser humano. Si ordenas por tamaños las células neuronales de ratón, mono y ser humano, no advertirás las diferencias aunque consultes al oráculo de Delfos». Sin embargo, en los últimos diez años ha tomado fuerza una perspectiva herética. Según este nuevo enfoque, no todas las neuronas son iguales y algunos tipos de neuronas solo aparecen en una determinada especie. Además, un determinado tipo de neurona puede mostrar propiedades únicas en una misma especie.

El neuroanatomista Todd Preuss y sus colegas descubrieron en 1999 el primer indicio de diferencias microscópicas en la disposición neuronal, radicado en el córtex visual primario del lóbulo occipital. Observaron que las neuronas de la capa cortical 4A difieren entre los seres humanos y los demás primates en aspectos arquitectónicos y bioquímicos. La capa que constituyen estas neuronas forma parte del sistema que transmite información sobre el reconocimiento de objetos desde la retina hasta el lóbulo temporal a través del córtex visual del lóbulo occipital. En el cerebro humano, forman

un patrón complejo, como de malla, que difiere del simple patrón vertical observado en los demás primates. Se trataba de algo inesperado, porque, como afirma Preuss: «En la neurociencia visual, la máxima de que no existen diferencias importantes entre los macacos y los seres humanos casi constituye un dogma».[56] Preuss conjeturó que este cambio evolutivo en la disposición neuronal podría ser responsable de la superior capacidad de los seres humanos para detectar objetos sobre un fondo.

A fin de evitar caer en fáciles conclusiones, se debe tener en cuenta que gran parte de nuestra comprensión de la estructura y la función del sistema visual proviene de estudios desarrollados fundamentalmente con monos macacos. Como ya hemos señalado, este descubrimiento y otros que demuestran la diversidad cortical resultan, en palabras de Preuss, como mínimo, inoportunos. Las generalizaciones que han hecho los neurocientíficos sobre la arquitectura neuronal, la organización cerebral, las conexiones y la función resultante se han basado en los estudios de muy pocas especies, principalmente los macacos y las ratas. Todavía falta por determinar hasta qué punto son débiles estos cimientos, y no solo en lo que respecta al sistema visual.

Se está investigando a fondo hasta el componente más elemental del cerebro, la neurona piramidal, así llamada porque su cuerpo celular tiene forma de pera. En 2003, tras varias décadas de investigaciones de neurociencia comparativa que ensalzaban los rasgos comunes de las neuronas piramidales en las diversas especies, el australiano Guy Elston reafirmó y nos recordó los hallazgos de Santiago Ramón y Cajal. Al igual que a David Premack le preocupaban las similitudes interpretadas como equivalencias al comparar la conducta entre distintas especies, Elston lamenta que, entre los neurocientíficos comparativos que estudiaban el córtex cerebral de los mamíferos, «muchos hayan interpretado lo "similar" como "idéntico"». Esto había dado lugar a la aceptación generalizada de que el

córtex es uniforme y está constituido por la misma unidad básica repetida, así como a la aceptación de que esta unidad básica es la misma en las diversas especies.[57] Todo esto carecía de sentido para Elston, que se planteó el siguiente interrogante: «Si los circuitos del córtex prefrontal, la región del cerebro que suele intervenir en el procesamiento cognitivo, son iguales a los de cualquier otra zona cortical, ¿cómo puede desempeñar una función tan compleja como la mentación?». Tampoco tenía sentido para Ramón y Cajal, que hace cien años concluyó, tras toda una vida de investigaciones, que el cerebro no estaba constituido por el mismo circuito repetido.

Elston y otros investigadores han observado que los patrones de ramificación y los números de las dendritas basales en las neuronas piramidales del córtex prefrontal (CPF) son mayores que en otras áreas del córtex. Estas dendritas aportan a cada neurona piramidal en el CPF mayor conectividad que en otras partes del cerebro. Potencialmente, esto significa que las neuronas individuales del CPF reciben un número mayor de entradas más diversas en una región mayor del córtex que las neuronas de otras partes del cerebro. En realidad, las similitudes observadas en la célula piramidal no se circunscriben a las diferencias entre regiones. Elston y sus colegas han descubierto, sin la ayuda del oráculo, que la célula piramidal se caracteriza por marcadas diferencias estructurales entre las especies primates.[58]

Existen también indicios de que las células nerviosas no responden igual en todas las especies. En las operaciones de neurocirugía, cuando se extirpa un tumor, se eliminan también algunas células neuronales normales. El neurobiólogo Gordon Shepherd, de la Universidad de Yale, ha descubierto que, cuando introduce estas células humanas en un cultivo de tejido y registra su funcionamiento, y luego hace lo mismo con células neuronales de conejillo de Indias, el modo en que responden las dendritas es distinto en las dos especies.[59]

Otros tipos de neuronas más

A principios de los años noventa, Esther Nimchinsky y sus colaboradores de la Mount Sinai School of Medicine decidieron volver a estudiar una neurona bastante rara, ya olvidada, descrita por primera vez en 1925 por el neurólogo Constantin von Economo.[60] La larga y fina neurona de Von Economo (NvE) difiere de la neurona piramidal, más chata, en que es cuatro veces mayor y en que tiene una sola dendrita basal, a diferencia de la multirramificada neurona piramidal, si bien ambas presentan una sola dendrita apical (situada en la parte superior). Además, solo aparece en áreas concretas del cerebro que intervienen en la cognición —el córtex cingulado anterior y el córtex frontoinsular— y recientemente se ha identificado en el córtex prefrontal dorsolateral de los seres humanos[61] y elefantes. Entre los primates, las NvE solo aparecen en los seres humanos y en los grandes simios,[62] y los seres humanos son los que más tienen, tanto en términos absolutos como relativos. Observaron que, aunque el número medio en los grandes simios era de 6.950, el humano adulto tiene 193.000 células, un niño humano de cuatro años de edad tiene 184.000 y un recién nacido 28.200. Debido a su localización, estructura y bioquímica, así como a las enfermedades del sistema nervioso en las que intervienen, el neurocientífico John Allman del California Institute of Technology y sus colegas[63] postulan que estas células forman parte del circuito neuronal que interviene en la conciencia social y pueden participar en la toma de decisiones sociales rápidas e intuitivas. En el linaje homínido, las NvE parecen provenir del antepasado común de los grandes simios, que vivió hace aproximadamente quince millones de años. Curiosamente, aparte del hombre, los únicos mamíferos en los que se han encontrado son también animales sociales de cerebro grande: elefantes,[64] algunos tipos de ballenas[65] y, más recientemente, delfines.[66] Estas neuronas han surgido de forma independiente y son un ejemplo de

evolución convergente, que es la adquisición del mismo rasgo biológico en linajes evolutivamente no relacionados. Aunque la neurona de Von Economo no es exclusiva de los seres humanos, sí lo es el número de unidades con que se presenta nuestro cerebro.

Todavía no se sabe si son exclusivamente humanas las células predecesoras que se forman en el embrión humano entre los 31 y los 51 días de gestación, descubiertas y nombradas en 2006 por Irina Bystron y sus colegas.[67] Como su nombre indica, son las primeras neuronas que se forman en el córtex cerebral. No se ha encontrado ningún equivalente de estas células en ninguna otra especie.

No todas las conexiones son iguales

Con estos crecientes indicios de diferencias anatómicas físicas, diferencias de conectividad y diferencias en cuanto al tipo de célula, creo que podemos afirmar que el cerebro de los seres humanos y el de otros animales difieren en su modo de organización. Cuando lleguemos a entender esto verdaderamente, sabremos qué es lo que nos hace tan diferentes.

Así pues, los seres humanos nacemos con este cerebro que se desarrolla frenéticamente bajo un tremendo control genético, con mejoras debidas a factores epigenéticos (factores no genéticos que causan que los genes del organismo se comporten de manera diferente) y al aprendizaje dependiente de la actividad. Se trata de un cerebro con una complejidad estructurada, no aleatoria, con procesamiento automático, con un conjunto de habilidades particulares que presentan restricciones y con una capacidad generalizada que ha evolucionado mediante la selección natural. En los próximos capítulos veremos que tenemos infinidad de capacidades cognitivas que se hallan separadas y espacialmente representadas en diversas partes del cerebro, cada una con distintos sistemas y redes neuronales.

También tenemos sistemas que funcionan de manera simultánea, en paralelo, distribuidos por todo el cerebro. Esto significa que el cerebro cuenta con múltiples sistemas de control, no solo con uno. De este cerebro proviene nuestro relato personal, no de fuerzas mentales exteriores que supeditan al cerebro.

Sin embargo, continúa habiendo muchos misterios. Vamos a intentar comprender por qué los seres humanos, que aceptamos de buen grado que nuestros mecanismos de supervivencia corporal, como la respiración, son consecuencia de la actividad cerebral, en cambio somos tan reacios a la idea de que la mente está corporizada en el cerebro. Otro enigma que intentaremos desentrañar es por qué cuesta tanto asumir la idea de que nacemos con un cerebro complejo, no una tábula rasa susceptible de modificarse con facilidad. Veremos que el modo de funcionamiento del cerebro, al igual que nuestros sentimientos y creencias sobre tal funcionamiento, influye no solo en las ideas de causalidad, conciencia y libre albedrío, sino también en nuestra conducta.

Pero ¿qué significa esto para cualquiera de nosotros? Como lo formularía Bob Dylan: ¿qué se siente al comprender cómo llegamos hasta aquí?, ¿qué se siente al reflexionar sobre si somos agentes morales con capacidad de elección o cómo funciona todo?, ¿se siente distinta de los demás una persona que cree que la mente humana, sus pensamientos y las acciones resultantes están determinados? Y, dos capítulos más adelante, ¿qué se sentirá al comprender por qué nos sentimos psicológicamente unificados y dueños de nuestros actos aunque sea una falsa apreciación? ¡Ah...! No cambiará tanto la cosa. Yo no tengo ninguna crisis existencial, si es eso lo que le preocupa. Sin duda alguna, se sentirá todavía bastante dueño de su cerebro, responsable de sus actos y con la misma autoridad de siempre. Seguirá sintiendo que es usted quien toma las decisiones. Este es el problema homuncular que no logramos resolver: la idea de que una persona, un hombrecillo, un espíritu, *alguien* lleva las riendas. In-

cluso en quienes conocemos todos los datos, en quienes sabemos que tiene que funcionar de otra manera, todavía prevalece la imperiosa sensación de que nosotros mandamos aquí.

No se vaya.

Capítulo 2

EL CEREBRO PARALELO Y DISTRIBUIDO

¿Recuerda la reveladora escena de la película *Hombres de negro*, cuando le practican una autopsia a un cadáver? La cara se abre de golpe y aparece la maquinaria cerebral subyacente, donde se ve a un homúnculo de aspecto extraterrestre manejando el control de mandos para mantener el sistema en funcionamiento. Se trataba del «yo», el «uno mismo», el centro fenoménico y el sentido del control que todos queremos tener. Hollywood lo captó perfectamente, y todos creemos en él aunque comprendamos que no es así como funciona. En cambio, entendemos que no podemos desligarnos de estos cerebros automáticos, de estos sistemas en gran medida paralelos y distribuidos que no tienen jefe, del mismo modo que no tiene jefe internet. Así que gran parte de nuestro ser viene de fábrica ya preprogramado y listo para operar. Pensemos en el ualabí, por ejemplo. Los últimos nueve mil quinientos años han sido un camino de rosas para los ualabíes tamar que viven en la isla Canguro, frente a la costa australiana. Han vivido allí sin tener que preocuparse nunca de ningún predador. No han visto jamás a ninguno. Entonces, ¿por qué dejan de buscar comida y entran en estado de alerta cuando les muestran modelos disecados de animales predatorios como los felinos, el zorro o el animal ya extinto que fue su predador histórico y, en cambio, no hacen lo mismo cuando les muestran un modelo de un animal no predatorio? Por su experiencia, ni siquiera deberían saber que existen animales de los que deben protegerse.

Al igual que el ualabí, los seres humanos tenemos miles, si no millones, de predilecciones programadas que nos inclinan hacia di-

versas acciones y decisiones. No conozco la mente del ualabí, pero nosotros creemos que tomamos todas nuestras decisiones de forma consciente y voluntaria. Todos sentimos que somos máquinas mentales maravillosamente coherentes y unificadas, y que nuestra estructura cerebral subyacente debe reflejar de alguna manera esa abrumadora sensación que todos poseemos. Pero no es así. No existe ningún centro de mando que someta a todos los demás sistemas cerebrales a las órdenes de un general de cinco estrellas. El cerebro tiene *millones* de procesadores locales que toman decisiones importantes. Es un sistema sumamente especializado con redes críticas distribuidas por los mil trescientos gramos de tejido. No existe ningún jefe en el cerebro. Usted no es el jefe del cerebro. ¿Ha logrado decirle alguna vez al cerebro que se calle de una vez y se vaya a dormir?

Se han requerido cientos de años para acumular el conocimiento que tenemos actualmente sobre la organización del cerebro humano. No ha sido un proceso sencillo. Sin embargo, con el desarrollo de la historia, ha perdurado cierto desasosiego motivado por el conocimiento en sí. ¿Cómo es posible que exista un alto grado de localización en el cerebro y aun así funcione como un conjunto integrado? La historia comenzó hace mucho tiempo.

¿Funciones cerebrales localizadas?

Los primeros indicios llegaron de la mano de la anatomía, y la comprensión moderna de la anatomía cerebral humana tiene su origen en los estudios desarrollados por el médico inglés Thomas Willis, el que dio nombre al famoso círculo de Willis,* en el siglo XVII. Willis fue el primero que describió las fibras longitudinales del cuerpo calloso y otras estructuras. Poco más de cien años después, en 1796, al

* La estructura vascular situada en la base del cerebro.

médico austríaco Franz Joseph Gall se le ocurrió la idea de que cada parte del cerebro producía distintas funciones mentales, que se manifestaban como aptitudes, rasgos y disposiciones propios de cada persona. Incluso sugirió que la moralidad y la inteligencia eran innatas. Aunque eran buenas ideas, se basaban en una premisa falsa que no se fundamentaba en una buena base científica. Su premisa era que el cerebro estaba constituido por diversos órganos, cada uno de los cuales era responsable de un proceso mental que daba lugar a un rasgo o facultad específicos. Si una facultad concreta estaba más desarrollada, su órgano correspondiente tendría mayor tamaño y sería posible palparlo si se presionaba sobre la superficie del cráneo. A partir de esta idea conjeturó que se podía examinar el cráneo y diagnosticar el carácter y las habilidades particulares de ese individuo. Esto dio en llamarse frenología.

Gall tuvo otra buena idea: se trasladó a París. Sin embargo, según los testimonios históricos, contrarió a Napoleón Bonaparte, pues no atribuyó a su cráneo ciertas características nobles que el futuro emperador estaba seguro de poseer. Sin duda alguna Gall no tenía madera de político. Cuando presentó su candidatura a la Academia de Ciencias de París, Napoleón ordenó a la institución que recabara nuevas pruebas científicas de tales conjeturas, de modo que la Academia de Ciencias pidió al fisiólogo Marie-Jean-Pierre Flourens que buscara datos concretos que respaldaran esta teoría.

En aquella época había tres métodos de indagación a los que Flourens podía recurrir: a) destrucción quirúrgica de determinadas partes de los cerebros animales y observación de los resultados; b) estimulación de partes de los cerebros animales con impulsos eléctricos y observación de los efectos, y c) estudio clínico de los pacientes neurológicos y autopsia del cadáver tras su fallecimiento. A Flourens le entusiasmó la idea de que determinadas zonas del cerebro desempeñasen procesos específicos (localización cerebral) y escogió la primera opción para investigar esta idea. Mediante el estudio de

cerebros de conejo y paloma, Flourens fue el primero en demostrar que, en efecto, ciertas partes del cerebro eran responsables de determinadas funciones. La extirpación de los hemisferios cerebrales suponía el fin de la percepción, la capacidad motora y el juicio; sin el cerebelo, los animales se descoordinaban y perdían el equilibrio, y cuando seccionaba el tronco encefálico, ya se sabe lo que ocurría: morían. Sin embargo, no logró detectar ninguna área concreta que se correspondiese con capacidades avanzadas como la memoria o la cognición, tal como observaría posteriormente al estudiar los cerebros de rata Karl Lashley, a quien ya nos referimos en el capítulo anterior. Flourens concluyó que estas funciones estaban dispersas de manera más difusa por todo el cerebro. El análisis de los cráneos para determinar el carácter y la inteligencia no estaba a la altura del rigor científico y se dejó en manos de los charlatanes. Lamentablemente, la buena idea de Gall, que postulaba la localización de la función cerebral, se descartó como mala. En cambio, su otra buena idea, el traslado a París, ha sido bien aceptada.

No muchos años después, los estudios clínicos empezaron a descubrir datos relevantes para la idea de Gall. En 1836, otro francés, Marc Dax, un neurólogo de Montpellier, envió a la Academia de Ciencias un informe sobre tres pacientes donde señalaba la coincidencia de que cada uno tenía trastornos en el habla y lesiones similares en el hemisferio izquierdo, según se observó en la autopsia. No obstante, en París no se concedía mucha relevancia a los informes de provincias. Hubo que esperar treinta años más para que alguien reparara en esta observación de que algunos trastornos del habla podían deberse a una lesión en uno de los hemisferios. Ocurrió en 1861, cuando un famoso médico parisino, Paul Broca, publicó la autopsia de un paciente al que apodaban Tan. Tan había desarrollado una afasia y lo llamaban así porque *tan* era la única palabra que podía pronunciar. Broca observó que Tan tenía una lesión sifilítica en el hemisferio izquierdo, concretamente en el lóbulo frontal inferior.

Siguió estudiando a otros pacientes con afasia, todos ellos con lesiones en la misma zona. Esta región cerebral, posteriormente denominada centro del habla, también se conoce con el nombre de área de Broca. Entretanto, el médico alemán Carl Wernicke estudió casos de pacientes con lesiones en una zona del lóbulo temporal. Estos pacientes oían las palabras y los sonidos, pero no eran capaces de descifrarlos. A partir de ese momento, se aceleró la búsqueda de zonas del cerebro asociadas con capacidades específicas.

Hughlings Jackson, neurólogo británico, confirmó los descubrimientos de Broca, pero además hizo otras aportaciones científicas. Su mujer padecía ataques generalizados que él investigó atentamente. Observó que siempre empezaban en una parte concreta del cuerpo y avanzaban de forma sistemática según una pauta invariable. Eso le indujo a pensar que determinadas áreas del cerebro controlaban los movimientos motores de ciertas partes del cuerpo. De ahí surgió su teoría de que la actividad motora se originaba y localizaba en el córtex cerebral. También recurrió al uso del oftalmoscopio, instrumento inventado unos años antes por el médico y físico alemán Hermann von Helmholtz para observar el fondo de ojo. Jackson pensaba que para los neurólogos era importante estudiar el ojo y más adelante veremos por qué tenía razón. A partir de estas primeras observaciones clínicas, complementadas con datos obtenidos en autopsias, se puso de manifiesto que Gall iba bien encaminado cuando postuló la localización cerebral de las funciones.

El gran mundo del inconsciente

La localización no era la única idea que había ido fraguando acerca del funcionamiento cerebral. La escritura de ficción, desde el *Otelo* de Shakespeare hasta *Emma* de Jane Austen, suponía que ocurrían muchas cosas en el departamento del cerebro no consciente. Aun-

que se suele atribuir a Sigmund Freud el mérito de haber descubierto el iceberg de los procesos no conscientes, él no fue el artífice de la idea, sino su divulgador. Muchos, entre los que destacan Arthur Schopenhauer, de quien provienen muchas ideas de Freud, recalcaron antes que él la importancia del inconsciente, del mismo modo que hizo con posterioridad Francis Galton, la versión victoriana inglesa del hombre renacentista. Galton tocaba también otros palos: antropólogo, explorador tropical (suroeste de África), geógrafo, sociólogo, genetista, estadista, inventor y meteorólogo, también estaba considerado el padre de la psicometría, que es el desarrollo de los instrumentos y técnicas para la medición de la inteligencia, el conocimiento, los rasgos de la personalidad, etcétera. En la revista *Brain** pintó una representación de la mente como si fuera una casa emplazada sobre un «complejo sistema de tuberías de agua, gas y saneamiento [...] cuya existencia nunca nos había preocupado, a pesar de que eran invisibles, siempre y cuando funcionaran bien». En la conclusión de este artículo, afirmaba lo siguiente: «Tal vez la impresión más fuerte que nos dejan estos experimentos tiene que ver con el carácter variopinto de la obra que desempeña la mente en un estado de semiinconsciencia, así como el argumento válido que aportan para creer en la existencia de estratos todavía más profundos de las operaciones mentales, situados muy por debajo del nivel de la consciencia, que pueden explicar fenómenos mentales de otro modo incomprensibles».[1] Galton, a diferencia de Freud, se interesaba por fundamentar sus teorías mediante datos concretos y métodos estadísticos. Al arsenal de términos de los investigadores, añadió los conceptos estadísticos de correlación, desviación estándar y regresión a la media y también fue el primero en utilizar encuestas y cuestionarios. A Galton le interesaba también la herencia (no es de extrañar, pues su primo era Charles Darwin) y, en esa línea, fue el primero en

* Cofundada por Hughlings Jackson.

plantear la dicotomía *naturaleza frente a educación* y llevó a cabo estudios con gemelos para averiguar las diversas influencias de cada uno de estos dos factores.*

Así pues, en los albores del siglo xx, empezaban a calar las ideas relativas a los procesos inconscientes y a la localización de las funciones cerebrales, pero, como ya vimos en el capítulo anterior, se soslayaron a principios del siglo xx con la amplia aceptación del conductismo y la teoría del cerebro equipotencial. Sin embargo, la teoría del cerebro equipotencial siempre ha tenido que afrontar un serio desafío planteado por la medicina clínica. El primer escollo fue la observación de Dax acerca de la correlación de una lesión en una zona específica del cerebro con una consecuencia específica en un tipo de personas. La teoría equipotencial del cerebro nunca pudo explicar ni este ni otros muchos casos aparentemente misteriosos que observaba la neurología. Sin embargo, en cuanto los científicos comprendieron que el cerebro tiene redes distribuidas y especializadas, se empezaron a resolver algunos de estos misterios clínicos. Ya antes del surgimiento de las técnicas de la neuroimagen y el electroencefalograma, el estudio de los déficits de los pacientes con lesiones dio lugar a un tipo de ingeniería inversa y arrojó datos esclarecedores sobre cómo surgen los estados cognitivos en el cerebro.

La ayuda de los pacientes

Los neurocientíficos debemos mucho a los numerosos pacientes clínicos que han participado generosamente en nuestras aspiraciones. El estudio de los pacientes clínicos con rayos X y los primeros dis-

* Galton, hombre pionero en muchos aspectos, también inventó el sistema de clasificación utilizado para identificar las huellas dactilares y calculó las probabilidades de que dos personas tuvieran en común una misma huella.

positivos de escáner empezaron a revelar todo tipo de conductas inusuales causadas por lesiones en localizaciones específicas. Por ejemplo, una lesión en un área específica del lóbulo parietal puede producir el extraño síndrome de la *paramnesia reduplicativa*, la creencia ilusoria y delirante de que un lugar se halla duplicado, existe en más de un punto al mismo tiempo, o se ha trasladado a otra localización. Tuve una paciente que, mientras era examinada en mi consulta del New York Hospital, aseguraba que estábamos en su casa de Freeport, en Maine. Empecé con la pregunta «¿Y tú dónde estás?». Y ella respondió: «Estoy en Freeport, Maine. Sé que no me crees. El doctor Posner me dijo esta mañana, cuando vino a verme, que yo estaba en el Memorial Sloan-Kettering Hospital y que se lo preguntara a los médicos residentes cuando pasaran. Bueno, todo eso está muy bien, pero ¡yo sé que estoy en mi casa de Main Street en Freeport, Maine!». Le pregunté: «Bueno, si estás en Freeport y en tu casa, ¿cómo es que hay ascensores en el pasillo?». Respondió con toda tranquilidad: «Doctor, ¿sabe cuánto me costó instalarlos?».

Continuando con la parte frontal del cerebro, una lesión en los lóbulos frontales laterales produce déficits en la conducta secuencial, de forma que el individuo es incapaz de planificar o desempeñar varias tareas simultáneas. Las lesiones frontales orbitales, situadas justo encima de las órbitas oculares, pueden interrumpir las vías emocionales que aportan respuestas para controlar los estados cognitivos y pueden asociarse con una pérdida de la capacidad de juzgar lo correcto y lo erróneo. Se puede ver mermada la capacidad de inhibir la conducta, lo que da lugar a más acciones impulsivas, obsesivocompulsivas, agresivas y/o violentas, así como disfunciones cognitivas de rango superior. Y en el lóbulo temporal izquierdo, una lesión en el área de Wernicke produce afasia de Wernicke, de manera que la persona afectada puede no tener comprensión del lenguaje escrito o hablado, y, aunque hable con fluidez y con un ritmo de lenguaje natural, lo que dice es incoherente. Así pues, desde la me-

dicina clínica, podemos observar que determinadas partes del cerebro intervienen en aspectos concretos de la actividad cognitiva.

Módulos funcionales

Hoy parece que la función localizada del cerebro es mucho más específica de lo que sospechaba Gall. Algunos pacientes presentan lesiones en el lóbulo temporal que les dificultan el reconocimiento de los animales pero no de los objetos artificiales y viceversa.[2] Una lesión en un punto incapacita para distinguir a un perro Jack Russell terrier de un tejón (no es que haya mucha diferencia) y, si la zona dañada se encuentra en otro punto, la tostadora es irreconocible. Existen personas con lesiones cerebrales que les impiden específicamente reconocer la fruta. Los investigadores de Harvard Alfonso Caramazza y Jennifer Shelton sostienen que el cerebro tiene sistemas de conocimiento específicos (módulos) para las categorías animadas e inanimadas con mecanismos neuronales distintos. Estos sistemas de conocimiento especializado no son el conocimiento en sí sino los sistemas que nos inducen a prestar atención a determinados aspectos de las situaciones, con el fin de incrementar nuestras probabilidades de supervivencia. Por ejemplo, puede haber detectores bastante específicos para ciertas clases de animales predatorios como las serpientes y los grandes felinos.[3] Un conjunto estable de signos visuales puede codificarse en el cerebro de tal modo que nos inducen a prestar atención a determinados aspectos del movimiento biológico, como el deslizamiento, en el caso de las serpientes, o los dientes afilados, los ojos con orientación frontal, la forma y el tamaño corporal en el caso de los grandes felinos, rasgos que se emplean como estímulo para identificarlos.[4] No tenemos el conocimiento innato de que un tigre es un tigre, pero sí el de que un animal grande que nos acecha con los ojos orientados al frente y los dientes

afilados es un predador, por lo que automáticamente nos protegemos; asimismo, de forma automática tenemos una descarga de adrenalina y nos alejamos del movimiento sinuoso que advertimos entre la hierba.

Por supuesto, este ámbito de especificidad para los predadores no se limita a los seres humanos. Richard Cross y sus colegas de la Universidad de California en Davis estudiaron unas ardillas que se habían criado en régimen de aislamiento y nunca habían visto una serpiente. Cuando les mostraron serpientes por primera vez, las esquivaron, pero no hicieron lo mismo con otros objetos novedosos: las ardillas tenían una cautela innata ante las serpientes. Estos investigadores han podido documentar que se requieren diez mil años de vida sin serpientes para que desaparezca la plantilla de la serpiente en las poblaciones.[5] Y esto explica lo que sucedía con nuestros ualabíes de la isla Canguro. Reaccionaban ante un signo visual que mostraban los predadores disecados, no ante ninguna conducta u olor. Así pues, existen módulos sumamente específicos, en este caso de identificación, cuyo funcionamiento no requiere experiencia previa ni contexto social. Estos mecanismos son innatos y están preprogramados en el cerebro; algunos son comunes a los seres humanos y otros animales, ciertos animales tienen mecanismos de los que nosotros carecemos y algunos son exclusivamente humanos.

División del cerebro

A partir de 1961 surgió una nueva oportunidad para estudiar el cerebro en funcionamiento, con pacientes que habían sufrido la escisión de los hemisferios cerebrales, lo que se denomina «cuerpo calloso escindido». A finales de los años cincuenta, en el laboratorio de Roger Sperry en el Instituto de Tecnología Caltech, se estudiaban los efectos de la escisión del cuerpo calloso (CC) en monos y gatos[6]

y se desarrollaban nuevos métodos para investigar los efectos. Habían descubierto que, si enseñaban a un hemisferio una tarea en animales con el CC intacto, la habilidad podía transferirse al otro hemisferio, pero, si el CC estaba dividido, no era posible. La escisión del cuerpo calloso había dividido la percepción del aprendizaje. Se observaron importantes efectos, lo que condujo a plantear si sucedía lo mismo en el ser humano. Por varios motivos dominaba el escepticismo. Aunque muchos casos neurológicos observados a finales del siglo XIX describían discapacidades específicas con lesiones focales en el CC, estos hallazgos fueron víctimas de la teoría del córtex cerebral equipotencial de Lashley, por lo que no se les concedió relevancia y cayeron en el olvido durante años. Otro dato que corroboraba la visión de los escépticos era que los niños nacidos sin CC no mostraban ningún efecto patológico.* El último motivo importante era que, en una serie de veintiséis pacientes a los que en los años cuarenta se había extirpado el cuerpo calloso (operación conocida como callosotomía) para tratar una epilepsia incurable en la Universidad de Rochester, el joven y brillante neurólogo Andrew Akelaitis que dirigió los ensayos no advirtió ninguna consecuencia neurológica o psicológica.[7] Los pacientes se encontraban bien después de la operación y no notaban diferencias. Karl Lashley se había basado en estas observaciones para postular su idea de la acción de masa y la equipotencialidad del córtex cerebral. Sostenía que los circuitos discretos del cerebro no eran importantes: lo relevante era la masa cortical. Sugirió que la función del cuerpo calloso consistía únicamente en mantener unidos los hemisferios.

Durante el verano comprendido entre el primer y segundo ciclos de mis estudios universitarios en el Dartmouth College, trabajé en el laboratorio de Roger Sperry en Caltech con una beca de prácticas

* En un momento posterior se concluyó que habían desarrollado vías compensatorias.

para estudiantes aún no licenciados, porque me interesaban los estudios de regeneración nerviosa que comenté en el capítulo anterior. Sin embargo, como por aquel entonces el laboratorio se centraba en el cuerpo calloso, me pasé el verano intentando anestesiar el hemisferio de un conejo y decidí que quería dedicarme a la investigación básica. Me fascinaba la cuestión de qué les ocurría a los seres humanos tras la callosotomía. Dado que el laboratorio estaba descubriendo una drástica alteración de la función cerebral en los gatos, monos y chimpancés con extirpación del cuerpo calloso, me convencí de que tenía que haber algún efecto en los seres humanos. Ya en el segundo ciclo, se me ocurrió el plan de reexaminar a los pacientes de los ensayos de Akelaitis en la Universidad de Rochester durante las vacaciones de primavera e ideé un método diferente para evaluarlos. Provisto de mi primera beca de doscientos dólares de la Hitchcock Foundation en la Dartmouth Medical School, con la que pude alquilar un coche y costear una habitación de hotel, me dirigí a Rochester. Llevaba el coche alquilado cargado de taquistoscopios (dispositivos preinformáticos que muestran imágenes en una pantalla durante una determinada cantidad de tiempo) que me prestó el Departamento de Psicología de Dartmouth para el ensayo previsto. Sin embargo, cuando me disponía a empezar, se canceló el ensayo y me quedé con las manos vacías, muy decepcionado, pero mi curiosidad seguía incólume: yo estaba decidido a volver al estimulante ambiente del Instituto de Tecnología Caltech para cursar los estudios de posgrado a partir del verano siguiente.

Entonces se presentó una nueva oportunidad. El doctor Joseph Bogen, neurocirujano residente en el White Memorial Hospital de Los Ángeles, y su médico ayudante, Philip Vogel, tenían un paciente que, a juicio de Bogen y según la bibliografía médica que había revisado críticamente, podía mejorar mediante la escisión del cuerpo calloso; el paciente dio su aprobación. Durante los diez años anteriores, este paciente, WJ, un hombre robusto y encantador, había sufrido

dos graves crisis semanales, de las cuales tardaba un día en recuperarse. Evidentemente, eso tenía un efecto devastador en su vida, por lo que estaba dispuesto a asumir el riesgo de la operación. Ya provisto de los procedimientos de ensayo que había ideado en Dartmouth, me asignaron la tarea de evaluar a WJ antes y después de la intervención quirúrgica.[8] La operación fue un gran éxito y el paciente se entusiasmó al comprobar que no se sentía diferente y que las crisis habían terminado para siempre. A mí también me entusiasmó lo que descubrí sobre la función cerebral de WJ y me fascinaron los resultados de este paciente y los de otros que evalué con posterioridad.

El procedimiento quirúrgico consistente en seccionar el CC se llevó a cabo después de haber probado todos los demás tratamientos para la epilepsia intratable. William Van Wagenen, neurocirujano de Rochester, Nueva York, aplicó el procedimiento por primera vez en 1940, tras observar que uno de sus pacientes con ataques severos mejoró sensiblemente después de desarrollar un tumor en el cuerpo calloso.[9] Se creía que, si se interrumpía la conexión entre los dos hemisferios cerebrales, los impulsos eléctricos que causaban los ataques no se expandirían de uno a otro lado del cerebro y, por tanto, se evitaría una convulsión generalizada. Sin embargo, escindir el cerebro por la mitad son palabras mayores. El principal miedo eran los imprevisibles efectos secundarios de la operación. ¿Qué podría ocurrir? ¿Se produciría una escisión de la personalidad, al tener dos cerebros en una sola cabeza? En realidad, el tratamiento fue un gran éxito. Las crisis se redujeron en un porcentaje medio del 60 o 70 por ciento. Algunos pacientes dejaron de sufrir ataques y todos se sentían bien: no había escisión de personalidad ni consciencia escindida.[10] La mayor parte no observó ningún cambio en sus procesos mentales. Parecían absolutamente normales. Aquello era una buena noticia, pero resultaba desconcertante.

El procedimiento quirúrgico supone el corte de los dos grandes haces de fibras que conectan los hemisferios: la comisura anterior y

el cuerpo calloso. Sin embargo, no se elimina toda la conectividad entre los hemisferios. Ambos siguen conectados con un tronco encefálico común, que soporta niveles de estimulación similares, de forma que ambos lados se duerman y despierten a la vez.[11] Las conexiones subcorticales permanecen intactas y ambos lados reciben la misma información sensorial de los nervios corporales relativos a los cinco sentidos, así como la misma información propioceptiva de los nervios sensoriales de los músculos, articulaciones y tendones acerca de la posición del cuerpo en el espacio. En aquella época no sabíamos que los dos hemisferios pueden iniciar los movimientos oculares y que existe un único sistema de atención espacial integrado, un conjunto de procesos que permite la selección de ciertos estímulos frente a otros y continúa unifocal después de la intervención quirúrgica. De este modo, la atención no puede distribuirse hacia dos localizaciones espaciales dispares:[12] lamentablemente, frente a lo que piensa la mayor parte de los conductores modernos, el hemisferio derecho no puede estar pendiente del tráfico mientras el izquierdo lee un mensaje de texto en el móvil. Desde entonces hemos aprendido que los estímulos emocionales que se presentan a un hemisferio afectan al juicio del otro hemisferio. Pero ya sabíamos, por los estudios de Dax y Broca, que las áreas del lenguaje están situadas en el hemisferio izquierdo (aunque hay excepciones en algunas personas zurdas).

Cuando evaluamos a WJ antes de la operación, era capaz de nombrar los objetos que se presentaban en cualquier campo visual o los objetos situados en cualquiera de las dos manos, también era capaz de comprender cualquier orden y ejecutarla con cualquiera de las manos, es decir, era normal. Cuando volvimos a evaluarlo después de la operación, WJ se sentía bien y, al igual que los pacientes de Rochester, no notaba ningún cambio, salvo que ya no padecía los ataques. Yo había ideado un procedimiento de ensayo que, a diferencia de los utilizados por Akelaitis, sacaba provecho de la anato-

mía del sistema visual humano. En los seres humanos, los nervios ópticos de cada ojo confluyen en lo que se denomina quiasma óptico. En ese punto, cada nervio se escinde en dos y la mitad medial (la pista interior) de cada uno cruza el quiasma óptico hacia el lado opuesto del cerebro y la mitad lateral (la exterior) permanece en el mismo lado. Las partes de los dos ojos que atienden al campo visual derecho envían la información al hemisferio izquierdo, así como la información del campo visual izquierdo se traslada al hemisferio derecho, donde se procesa. En los experimentos con animales, esta información no cruzaba de un hemisferio a otro cuando estaban desconectados: solo el hemisferio derecho tenía acceso a la información del campo visual izquierdo y viceversa. Como su sistema visual está configurado de esta manera, yo solamente podía enviar información a uno de los hemisferios de los animales.

Por fin llegó el día del primer ensayo de WJ después de la operación. ¿Qué descubrimos? Al principio, las cosas evolucionaron como esperábamos. Como el centro del lenguaje está localizado en el hemisferio izquierdo, esperábamos que fuera capaz de nombrar los objetos que veía el hemisferio izquierdo. Por tanto, podría nombrar con facilidad los objetos que se presentasen a su hemisferio izquierdo. Así pues, cuando le mostramos por un instante una imagen de una cuchara en el campo visual derecho y le preguntamos: «¿Ves algo?», de inmediato respondió: «Una cuchara». Luego vino el ensayo crítico inicial: ¿qué pasaría cuando esos objetos se mostrasen al hemisferio derecho desde el campo visual izquierdo? El trabajo de Akelaitis había indicado que el cuerpo calloso no desempeñaba ningún papel esencial en la integración interhemisférica de la información, de manera que se podía predecir que WJ sería capaz de describir el objeto con normalidad. En cambio, los estudios con animales desarrollados en Caltech apuntaban en otra dirección y mi apuesta iba en esa línea. Mostramos una imagen al hemisferio izquierdo y le preguntamos: «¿Ves algo?».

Si usted no se dedica a la investigación científica, entenderá mejor la emoción del momento si piensa en una ruleta que gira cuando usted ha apostado dos años de salario al rojo. Ha depositado todas sus esperanzas en que la bola se pare en el rojo y las ansias se acrecientan a medida que la rueda empieza a desacelerarse, puesto que ha invertido su sustento y las horas de trabajo en el resultado. Yo esperaba que mi proyecto experimental revelase algo desconocido y creció mi ansiedad cuando se acercaba el momento de mostrar la imagen al hemisferio derecho. ¿Y qué ocurrió? Se produjo una descarga de adrenalina por todo mi cuerpo y el corazón me daba tumbos como un balón de fútbol americano en Dartmouth cuando Bob Blackman era el entrenador. Aunque ahora estos descubrimientos son agua pasada y comidilla para las conversaciones de salón, no puedo describir mi asombro cuando WJ dijo: «No, no veo nada». No solo no era capaz de describir verbalmente, mediante el hemisferio izquierdo, un objeto mostrado al hemisferio derecho recién desconectado, sino que no sabía que hubiera nada ahí. El experimento que yo había ideado durante la licenciatura y que pude llevar a cabo en los estudios de posgrado dio lugar a un descubrimiento sorprendente. Cristóbal Colón, al divisar tierra firme en el horizonte, no pudo sentir una emoción mayor que yo en aquel momento.

Inicialmente parecía que el paciente estaba ciego a los estímulos presentados a su campo visual izquierdo. Sin embargo, al continuar la investigación, observamos que no era el caso. Tenía otro as debajo de la manga para descubrir si el hemisferio derecho recibía alguna información visual. Aunque ambos hemisferios pueden controlar los músculos faciales y los proximales del brazo, cada uno de los dos hemisferios dirige de forma independiente los músculos distales de la mano. Así, el hemisferio izquierdo controla la mano derecha y el hemisferio derecho controla la mano izquierda.[13] Si las manos no están al alcance de la vista, el hemisferio izquierdo no sabe qué hace la mano izquierda y viceversa. Ideé un experimento en el que WJ

podía responder mediante una tecla en código Morse con la mano izquierda (controlada por el hemisferio derecho) antes de dar una respuesta verbal (controlada por el hemisferio izquierdo). Cuando encendí una luz para el hemisferio derecho, el paciente respondió presionando la tecla con la mano izquierda, pero ¡dijo que no veía nada! El hemisferio derecho no estaba ciego a los estímulos, veía bien la luz y podía indicarlo mediante la tecla en código Morse. El único motivo por el que WJ negaba la existencia de la luz era que se producía una disrupción total de la transferencia de la información entre los dos hemisferios.

Cualquier información visual, táctil, propioceptiva, auditiva u olfativa que se presentaba a uno de los hemisferios se procesaba únicamente en esa mitad del cerebro, sin que la otra mitad fuera consciente de ello. El hemisferio izquierdo no sabía lo que procesaba el derecho y viceversa. Observé que el hemisferio izquierdo y el centro del lenguaje de un paciente con el cuerpo calloso escindido no tienen acceso a la información que recibe el hemisferio derecho. Se nos presentaba una oportunidad totalmente novedosa: estudiar la presencia de una capacidad en un hemisferio separado del otro, no un déficit causado por una lesión.

En posteriores experimentos con otros pacientes, pusimos objetos diversos al alcance de la mano izquierda pero fuera de la vista. Cuando se mostraba la imagen de uno de los objetos al hemisferio derecho, la mano izquierda era capaz de seleccionar mediante el tacto el objeto de la imagen, pero cuando se le preguntaba: «¿Has visto algo?» o «¿Qué tienes en la mano izquierda?», el paciente negaba haber visto la imagen y era incapaz de describir lo que tenía en la mano izquierda. En otro experimento mostrábamos la imagen de una bicicleta al hemisferio derecho y preguntábamos al paciente si había visto algo. Una vez más respondía de forma negativa, pero la mano izquierda era capaz de dibujar una bicicleta.

Muy pronto se puso de manifiesto que el hemisferio derecho era

superior en las habilidades espaciales y visuales. Así como la mano izquierda, bajo el control del hemisferio derecho, podía juntar una serie de piezas de colores para reconstruir un dibujo que había visualizado el hemisferio derecho, la mano derecha, cuando se mostraban las piezas de colores al hemisferio izquierdo, no lograba resolver el puzle. De hecho, un paciente tuvo que sentarse encima de la mano izquierda para impedir que esta interviniera para resolver el problema. La mano izquierda podía copiar y dibujar imágenes tridimensionales, mientras que la mano derecha, la que escribe una carta con tanta facilidad, no era capaz de dibujar un cubo. Descubrimos que el hemisferio derecho está especializado en tareas como el reconocimiento de caras en posición recta vertical, la focalización atencional y las distinciones perceptivas. El hemisferio izquierdo es el intelectual. Está especializado en el lenguaje, el habla y la conducta inteligente. Después de la callosotomía, el coeficiente intelectual verbal del paciente no varía,[14] ni tampoco su capacidad de resolución de problemas. Puede haber algunos déficits en la capacidad de recuerdo libre y en otras medidas de rendimiento, pero el aislamiento de la mitad del córtex respecto del hemisferio izquierdo dominante no produce ningún cambio esencial en las funciones cognitivas. El hemisferio izquierdo mantiene su capacidad preoperativa, mientras que el derecho, del mismo tamaño y en gran medida desconectado, se ve gravemente mermado en las tareas cognitivas. Pudimos observar que el hemisferio derecho tiene una vida mental propia muy rica, bastante diferente de la del izquierdo.

Por el estudio de los pacientes neurológicos ya sabíamos que el cerebro tenía dos vías neuronales distintas para generar las expresiones faciales espontáneas y voluntarias. Solo el hemisferio izquierdo dominante era capaz de generar expresiones faciales voluntarias.[15] En los pacientes que tienen en el hemisferio derecho una determinada lesión que perturba la comunicación entre los hemisferios, solo responde el lado derecho de la cara cuando se les pide que son-

rían, mientras que el izquierdo permanece inmóvil.* En cambio, si al mismo paciente le cuentan un chiste y sonríe espontáneamente, sus músculos faciales responden de forma bilateral, porque se emplea una vía diferente que no requiere comunicación entre los hemisferios. Ocurre justo lo contrario con los pacientes de Parkinson que tienen lesiones en los sistemas extrapiramidales, la parte del sistema motor que participa en la coordinación de los movimientos. Son incapaces de mostrar expresiones espontáneas, pero pueden controlar voluntariamente los músculos faciales. En los experimentos con el cuerpo calloso escindido, suponíamos que si dábamos una orden al hemisferio izquierdo del paciente, el lado derecho de la cara respondería primero y esto es exactamente lo que ocurrió. Cuando el hemisferio izquierdo de un paciente con escisión del cuerpo calloso ve la orden de sonreír o fruncir el ceño, el lado derecho de la cara responde ciento ochenta milisegundos antes que el lado izquierdo: el retardo se debe a que el hemisferio derecho tiene que recibir la respuesta somática a través de las rutas subcorticales.

Todos estos descubrimientos nos permitieron cartografiar las múltiples especializaciones distribuidas por el cerebro. Pero de nuestros estudios se desprendía otra conclusión: al observar que cada hemisferio podía procesar información fuera del ámbito de la consciencia del otro hemisferio, parecía que la intervención quirúrgica había causado un estado de doble consciencia.

¿Doble consciencia?

No a todo el mundo le entusiasmaron estos descubrimientos. Un día, mientras subía en el ascensor en la Universidad Rockefeller,

* El hemisferio izquierdo controla de forma predominante los músculos faciales del lado derecho y el hemisferio derecho controla los del izquierdo.

George Miller me presentó al gran psicólogo estadounidense William Estes y dijo: «Mike, ¿sabes que este es el hombre que ha descubierto el fenómeno del cerebro escindido en los seres humanos?», y Estes respondió: «¡Genial! Así ahora tenemos dos sistemas que no entendemos». Daba la impresión de que la callosotomía producía dos hemisferios conscientes aislados y, en aquella época, pensábamos que había dos sistemas conscientes: la mente izquierda y la mente derecha.

En 1968, Roger Sperry afirmó lo siguiente:

> Uno de los rasgos más generales, interesantes y asombrosos de este síndrome puede resumirse como una aparente duplicación en la mayor parte de los ámbitos de la consciencia. En lugar de tener un flujo de consciencia unificado, estos pacientes se comportan en muchos sentidos como si tuvieran dos flujos de consciencia independientes, uno en cada hemisferio, pues cada uno se halla desconectado de las experiencias mentales del otro. Dicho de otro modo, cada hemisferio parece tener sus propias sensaciones independientes, sus propias percepciones, sus propios conceptos y sus propios impulsos de acción, con las correspondientes experiencias positivas, cognitivas y de aprendizaje.[16]

Cuatro años después, me entusiasmé demasiado y añadí algo más:

> Durante los últimos diez años hemos recopilado datos que corroboran que, tras la sección medial del cerebro, se perturba la unidad consciente normal, de manera que el paciente con el cuerpo calloso escindido tiene dos mentes (al menos), la mente izquierda y la mente derecha. Ambas coexisten como dos entidades plenamente conscientes, al igual que los gemelos son personas distintas.[17]

Esto planteaba el problema de si cada consciencia tenía su propio protagonista: ¿había entonces dos yos?, ¿había también dos li-

bres albedríos?, ¿por qué no compiten las dos mitades del cerebro por ver quién manda?, ¿una de las mitades lleva el control?, ¿los dos yos del cerebro estaban atrapados en un cuerpo que solo podía estar en un sitio a cada momento?, ¿cuál de las dos mitades decidía dónde debía estar el cuerpo?, ¿POR QUÉ había esta aparente sensación de unidad?, ¿la consciencia y el sentido del yo estaban localizados en una de las mitades?

¿Qué es la consciencia?

Todo esto se estaba convirtiendo en una pesadilla teórica. Es más, empleamos el término *consciencia* sin saber siquiera lo que significaba. Nadie se molestó en averiguarlo. Años después me decidí a indagar la cuestión y he aquí lo que encontré en el *International Dictionary of Psychology* de 1989. La definición, redactada por el psicólogo Stuart Sutherland, era divertida, aunque poco edificante:

> CONSCIENCIA: La experimentación de percepciones, pensamientos y sentimientos: consciencia. El término es imposible de definir salvo de un modo que resulta ininteligible sin la comprensión de lo que significa la consciencia. La consciencia es un fenómeno fascinante pero inaprensible: resulta imposible determinar lo que es, lo que hace o por qué ha evolucionado. Sobre ella no se ha escrito nada que valga la pena.[18]

Qué alivio sentí al descubrir aquello: se habían escrito más de dieciocho mil artículos sobre el tema la última vez que había hecho una búsqueda en Medline y Sutherland me aconsejaba que no me molestara en leerlos. Uno sabe que camina sobre una fina capa de hielo al abordar un tema cuando a los profesionales les pone nerviosos siquiera mencionarlo y cuando el resto de la gente cree que lo

entiende o que tiene una opinión al respecto. Ocurre algo semejante cuando tratas de explicarles el sexo a nuestros hijos. Para un físico, el hombre de la calle no actúa como si tuviera programada la teoría de cuerdas. El problema de la consciencia radica en que existe toda una mística a su alrededor, pues de algún modo no queremos tratarla como la memoria o el instinto, términos también bastante nebulosos. No hemos visto todavía ninguna manifestación física de esos conceptos en el cerebro, pero hemos sido capaces de despejar poco a poco, de modo que no veo ningún problema en abordar la consciencia sin tener una definición exacta de la misma. Los neurocientíficos no son los únicos que se plantean tales problemas. Los investigadores del Santa Fe Institute me han comentado recientemente que su concepto actual de gen apenas se asemeja al de la concepción original.

Durante los años setenta, mientras nosotros nos aferramos a la idea de que el paciente con escisión del cuerpo calloso tenía dos sistemas de consciencia, sir John Eccles y Donald MacKay discrepaban de tal planteamiento. Eccles, en sus Conferencias Gifford de 1979, sostuvo que el hemisferio derecho tenía un tipo limitado de autoconsciencia, pero no suficiente como para conferir la personalidad, que radicaba en el hemisferio izquierdo. Donald MacKay tampoco estaba satisfecho con la idea y, en su Conferencia Gifford, comentó lo siguiente: «A mi modo de ver, hasta el momento, no se ha demostrado fehacientemente la idea de que se pueden crear dos individuos mediante la simple escisión del sistema de organización en el nivel del cuerpo calloso que conecta los hemisferios cerebrales. [...] También es enormemente inverosímil».[19]

Pues bien, la ciencia avanza y, con el tiempo, hemos tirado a la basura la idea de los sistemas mentales dicotómicos, aunque, muy a nuestro pesar, en la prensa popular todavía perdura. Gracias a que hemos contado con más pacientes para los ensayos clínicos, métodos de ensayo diversos, instrumentos más modernos, escáneres ce-

rebrales, muchos más datos, la gran ventaja de nuestra flexibilidad cerebral y un mayor grupo de personas inteligentes que se plantean preguntas e idean experimentos, hemos avanzado hacia la idea de un sinfín de sistemas, algunos de los cuales se localizan en un hemisferio y otros se distribuyen entre los dos. Ya no pensamos que el cerebro esté organizado en dos sistemas conscientes sino en múltiples sistemas mentales dinámicos.

La teoría del cerebro dicotómico queda descartada

La teoría empezó a resquebrajarse cuando analizamos las habilidades cognitivas del hemisferio derecho y comprobamos que los dos hemisferios no eran iguales. Así supimos que el hemisferio izquierdo era un prodigio capaz de hablar y entender el lenguaje, mientras que el derecho no hablaba y tenía una comprensión muy limitada del lenguaje. Entonces empezamos a hacer ensayos conceptuales elementales con el hemisferio derecho mediante imágenes y palabras sencillas que podía entender. Por ejemplo, cuando transmitíamos la palabra *olla* al hemisferio derecho, la mano izquierda señalaba una olla. Después transmitíamos la palabra *agua* y la mano izquierda señalaba el agua. Hasta ahí, todo en orden: el hemisferio derecho era capaz de interpretar las palabras y relacionarlas con las imágenes. Sin embargo, cuando transmitíamos las dos palabras juntas, la mano izquierda no era capaz de unirlas en el concepto de agua dentro de una olla y señalaba la imagen de la olla vacía. Esta tarea agua/olla la resolvía rápidamente el hemisferio izquierdo. Según observamos, el hemisferio derecho tiene poca capacidad de inferencia. Intentamos plantear un problema solo mediante imágenes, mostrando, por ejemplo, un dibujo de una cerilla al hemisferio derecho, seguida de una imagen de un rimero de leña, antes de pedir que escogiera una entre seis imágenes que reflejaban la relación causal.

No era capaz de escoger el dibujo de la leña ardiendo. Incluso cuando utilizábamos más estímulos visuales-espaciales, como cuando presentábamos una figura con forma de *U* y luego preguntábamos cuál de una serie de formas convertiría la *U* en un cuadrado, el hemisferio derecho era un fracaso en la resolución del enigma. En cambio, el hemisferio izquierdo lo resolvía con facilidad. Esta diferencia perduraba cuando algunos de los pacientes empezaban a hablar desde el hemisferio derecho y desarrollaban un vocabulario bastante extenso: el hemisferio derecho seguía siendo incapaz de hacer inferencias.

Esto nos llevó a la conclusión de que las experiencias conscientes de los dos hemisferios eran muy distintas. Entre otras cosas, uno vivía en un mundo donde podía hacer inferencias, mientras que el otro, no. El hemisferio derecho vive una vida literal. Cuando se le pide que decida si varios artículos aparecían en una serie de objetos que se les ha mostrado previamente, el hemisferio derecho es capaz de identificar correctamente los objetos que ha visto y rechazar los nuevos. «Sí, antes aparecían la cucharilla de plástico, el lápiz, la goma y la manzana.» El hemisferio izquierdo, en cambio, tiende a reconocer falsamente nuevos objetos cuando son similares a los que se presentaron con anterioridad, presumiblemente porque encajan en el esquema que ha construido.[20] «Sí, están todos: la cucharilla [aunque habíamos sustituido una de plata por una de plástico], el lápiz [aunque este era estilográfico y el otro no], la goma [aunque esta era gris y no rosa como la otra] y la manzana.» Como consecuencia de la incapacidad de hacer inferencias, el hemisferio derecho se limita a aquello sobre lo que puede tener sentimientos. Una caja de caramelos que se regala al hemisferio derecho es una caja de caramelos. El hemisferio izquierdo puede inferir todo tipo de cosas a partir de este regalo.

Si hubiéramos tenido a Marcelo en nuestro laboratorio, seguramente habría dicho: «Algo huele a podrido en el estado de la teoría

del cerebro dicotómico»* y habríamos tenido que darle la razón. Nuestros descubrimientos paulatinamente nos mostraron que las dos mitades del cerebro presentan especializaciones, pero no tienen el mismo nivel de consciencia, es decir, no son conscientes de las mismas cosas y no tienen la misma capacidad de desempeñar tareas. Si la teoría del cerebro dicotómico olía a podrido, los conceptos existentes acerca de la unidad de la consciencia apestaban. Hubo que volver a empezar para resolver el gran dilema: ¿de dónde proviene esta experiencia consciente?, ¿la información se procesa y después se canaliza a través de una suerte de centro de activación consciente que nos induce a reparar en las experiencias subjetivas o se organiza de otra manera? La balanza se inclinaba hacia un tipo diferente de organización: una organización modular con múltiples subsistemas. Empezamos a dudar que un único mecanismo posibilitara la experiencia consciente y nos encaminamos hacia la idea de que dicha experiencia es el sentimiento generado por múltiples módulos, cada uno de los cuales tiene capacidades especializadas. Como estábamos descubriendo capacidades especializadas en todas las áreas del cerebro y habíamos visto que la experiencia consciente se asociaba estrechamente con la parte del córtex implicada en una capacidad, llegamos a entender que la consciencia se distribuye por todo el cerebro. Dicha idea era contraria a la de John Eccles, quien había defendido que el hemisferio izquierdo era la sede de la consciencia.

La observación esencial que me permite afirmar esto es la siguiente: Justo después de la callosotomía, si se pregunta al paciente «¿Cómo estás?». La respuesta es «Bien». Si después se le pregunta «¿Has notado algún cambio?», la respuesta es «No». ¿Cómo es posible? Conviene recordar que, mientras el paciente nos mira, no puede describir nada situado en la zona izquierda de su campo visual. El hemisferio izquierdo, que nos dice que todo está bien, no puede

* Parafraseando a William Shakespeare.

ver la mitad de lo que tiene delante y prescinde de ello. Para compensar esto, cuando los pacientes con el cuerpo calloso escindido no se encuentran sometidos a las condiciones que requiere una prueba, inconscientemente mueven la cabeza para enviar información visual a ambos hemisferios. Si usted se despertara de cualquier otro tipo de operación y no viera nada en el campo visual izquierdo, se quejaría de ello: «Oiga, doctor, no veo nada por la izquierda. ¿Por qué me pasa esto?», pero esos pacientes nunca comentan esa realidad. Tras varios años de ensayos, cuando les preguntan si saben por qué les hacen pruebas, ni siquiera entienden por qué son especiales o en qué sentido es distinto su cerebro. El hemisferio izquierdo no echa de menos al hemisferio derecho ni a las funciones propias de este. Ello nos ha llevado a pensar que, para tomar consciencia de una parte concreta del espacio, interviene la parte del córtex que procesa esa parte del espacio. Si no funciona, esa parte del espacio deja de existir para ese cerebro o para esa persona. Si usted habla desde el hemisferio izquierdo y yo le pregunto por su consciencia de las cosas que suceden en el campo visual izquierdo, ese procesamiento ya no ocurre en el hemisferio derecho desconectado y ese hemisferio es consciente de ello, pero el hemisferio izquierdo, no. Esa área sencillamente ya no existe para el hemisferio izquierdo. No echa de menos lo que no tiene que procesar, al igual que usted no echa de menos a una persona escogida al azar a la que no conoce.

Eso nos indujo a pensar que tal vez la consciencia es un fenómeno local y obedece a procesos locales asociados con un determinado momento sensorial en el espacio izquierdo o derecho. Esta idea nos ha permitido explicar algunas de las conductas anteriormente inexplicables que observábamos en los pacientes neurológicos.

¿Por qué algunas personas que de pronto quedan ciegas en gran parte del campo visual se quejan —son conscientes— de ello («Oye, que no veo nada por el lado izquierdo, ¿qué pasa?») y otras no dicen ni una palabra al respecto —no son conscientes— de su repentina

pérdida visual? La lesión del paciente que se queja se halla en algún punto del nervio óptico, que transmite información al córtex visual, la parte del cerebro que procesa esta información. Si no llega ninguna información a una parte del córtex visual, tiene un punto ciego y se queja. El paciente que no se queja, en cambio, tiene una lesión en el córtex asociativo visual (la parte del córtex asociada con las fases avanzadas del procesamiento de la información visual que produce la experiencia visual) y no en el nervio óptico. La lesión también produce el mismo punto ciego, pero el paciente no suele quejarse. Al igual que tampoco se queja el paciente con el cuerpo calloso escindido. ¿Por qué no? El córtex visual es la parte del cerebro que representa o agrupa las imágenes del mundo visual. Cada parte del campo visual tiene un área correspondiente en el córtex visual. Así, por ejemplo, existe un área que suele preguntar: «¿Qué ocurre a la izquierda del centro visual?». Con una lesión en el nervio óptico, esta área cerebral funciona; cuando no recibe información del nervio, rezonga: «Aquí pasa algo, ¡no recibo señales!». En cambio, cuando esa misma área del córtex visual asociativo tiene una lesión, el cerebro del paciente carece de áreas responsables del procesamiento de lo que ocurre en esa parte del campo visual: para dicho paciente, esa parte del campo visual deja de existir conscientemente y, por tanto, no hay queja. El paciente que tiene la lesión central no protesta, porque la parte del cerebro que podría quejarse ha quedado incapacitada y no hay ninguna otra parte que asuma esa función. La conclusión lógica de estas observaciones es que la consciencia fenomenológica, es decir, la sensación de que somos conscientes de cierta percepción, surge de los procesos locales que participan exclusivamente en una actividad específica.

Lo que pretendo señalar es que el cerebro tiene todo tipo de sistemas de consciencia locales, toda una constelación de sistemas que habilitan la consciencia. Aunque los sentimientos de consciencia nos parecen unificados, se construyen a partir de estos sistemas

en gran medida independientes. Si en un determinado momento somos conscientes de una idea, esta es la que ha emergido, la que ha prevalecido. Es una auténtica jungla en la que los diversos sistemas cerebrales compiten por emerger a la superficie con el fin de ganar el premio del reconocimiento consciente.

Por ejemplo, una de las pacientes con el cuerpo calloso escindido desarrolló, varios años después de la operación, la capacidad de emitir palabras simples desde el hemisferio derecho. Esto nos plantea una situación interesante, porque resulta difícil saber cuál es el hemisferio que toma la palabra cuando la paciente habla. En una entrevista describió la experiencia que tenía al ver fotografías de objetos que se proyectaban en una pantalla en sus diversos campos visuales: «Por este lado [señalando una fotografía en el lado izquierdo de la pantalla, proyectada a su hemisferio derecho], veo la fotografía, lo veo todo más claro; en el lado derecho me siento más segura, en cierto sentido, con mi respuesta». Por los ensayos anteriores, sabíamos que el hemisferio derecho era más eficaz en todo tipo de juicios perceptivos, de modo que sabíamos que la afirmación sobre la claridad visual provenía de su hemisferio derecho, así como que su centro de habla seguro, situado en el hemisferio izquierdo, era el responsable de la otra afirmación. Aunó las dos apreciaciones, una de cada hemisferio, pero al oyente le parecía una afirmación totalmente unificada, procedente de un sistema integrado. Sin embargo, intelectualmente sabemos que se trata de informaciones procedentes de dos sistemas distintos que nuestra mente entrelaza al escuchar a la paciente.

¿Cómo funciona?

¿Cómo hemos acabado tan descentralizados y con estos sistemas múltiples? La respuesta nos retrotrae a un tema que ya abordamos

el capítulo anterior, a propósito de los cambios en los patrones de conectividad de los grandes cerebros. A medida que crece el cerebro, aumentan las neuronas y aumenta el tamaño de las redes, disminuye la conectividad proporcional. El número de neuronas a las que se conecta cada neurona continúa siendo el mismo: la neurona no se conecta con más neuronas a medida que crece el número total, por varios motivos prácticos y neuroeconómicos. Uno de ellos es que si cada neurona se conectase a todas las demás, los cerebros serían gigantes. De hecho, dos neurocientíficos computacionales, Mark Nelson y James Bower, han calculado que, si el cerebro estuviera plenamente conectado y presentase una forma esférica, alcanzaría los veinte kilómetros de diámetro.[21] No se queje más de cabezón. Los costes metabólicos serían también inmensos, por lo que el cerebro estaría gritando constantemente: «¡Dame de comer!». Actualmente el cerebro requiere el 20 por ciento de la energía que consume el cuerpo.[22] ¡Imagine la energía que haría falta para mantener en funcionamiento un cerebro de veinte kilómetros de diámetro! (Al menos se resolvería el problema de la obesidad.) Con la longitud de los axones que conectarían las neuronas situadas en partes distantes del cerebro, se ralentizaría la velocidad de procesamiento, lo que dificultaría la actividad de sincronización. También sería necesario que aumentase el tamaño de las dendritas para incrementar el número de sinapsis, de manera que se alterarían las propiedades eléctricas de la neurona, dado que la ramificación de las dendritas influye en el modo en que integra la señal eléctrica de las demás neuronas. No, no sería factible que todas las neuronas se conectasen entre sí: el cerebro optó por otra solución en su desarrollo evolutivo.

El neurobiólogo Georg Striedter, teniendo en cuenta lo que se sabe actualmente sobre neuroanatomía comparativa y conectividad en los mamíferos, conjetura que se aplican ciertas «leyes» de conectividad neuronal al desarrollo evolutivo del gran cerebro humano.[23]

- *Disminución de la conectividad con el incremento del tamaño de las redes.* Al mantener la conectividad absoluta, no la conectividad proporcional, los grandes cerebros espaciaron su interconexión, pero a la vez escondían dos ases debajo de la manga:
- *Minimización de las longitudes de conexión:* mantuvieron la conectividad local mediante conexiones de mínima longitud.[24] De este modo, se ocupaba menos espacio con el vaivén de los axones, se requería menos energía para mantener las líneas y la señalización era más rápida porque recorría menores distancias. Así se sentaron las bases de la división y especialización de las redes locales, que formaron múltiples grupos de módulos de procesamiento. Sin embargo, con todo este procesamiento independiente, las diversas partes del cerebro tenían que seguir intercambiando información y, por tanto, [...]
- No todas las conexiones se minimizan, sino que *se retienen algunas conexiones muy largas entre puntos distantes.* Los cerebros de los primates han desarrollado una «arquitectura para un mundo pequeño»: muchas conexiones cortas, rápidas y locales (un alto grado de conectividad local), con algunas conexiones a larga distancia para comunicar su procesamiento (un número reducido de pasos para conectar cualesquiera de los dos puntos).[25] Este diseño aporta un alto grado de procesamiento local eficiente (modularidad) y, al mismo tiempo, una rápida comunicación con la red global. Coincide con el de muchos sistemas complejos, incluidas las relaciones sociales humanas.[26]

La descentralización se debió al mayor tamaño de nuestro cerebro y a las neuroeconomías que permitieron su funcionamiento: el menor número de conexiones densas obligó al cerebro a especializarse, a crear circuitos locales y a buscar una mayor automatización. El resultado final es miles de módulos, cada uno especializado en su propia actividad.

Nuestra consciencia es la punta del iceberg del procesamiento no consciente. Bajo el nivel de la consciencia trabaja el ajetreado cerebro no consciente. No es difícil imaginar las funciones de supervivencia que desempeña el cerebro constantemente para mantener en funcionamiento los mecanismos homeostáticos, como el ritmo cardíaco, la respiración y la temperatura corporal. Nos cuesta algo más comprender la infinidad de procesos inconscientes que se han ido descubriendo en los últimos cincuenta años. Pensémoslo. En primer lugar, podemos citar el sistema visual automático y otros procesamientos sensoriales que ya hemos comentado. Además, la mente está siempre influida inconscientemente por los procesos de predisposición positiva o negativa, así como por los procesos de identificación categorial. A nivel social, los procesos de vinculación afectiva colectiva, los procesos de detección de mentiras e incluso los procesos de juicio moral (por mencionar solo unos pocos ejemplos) funcionan bajo los mecanismos conscientes. Con los métodos de ensayo cada vez más precisos, se multiplica el número y la diversidad de los procesos identificados.

Descripción funcional del cerebro

Lo que siempre debemos tener en cuenta es que nuestro cerebro y, por tanto, todos estos procesos, han sido esculpidos por la evolución para que tomemos mejores decisiones que incrementen nuestro éxito reproductivo. La descripción funcional del cerebro se reduce a conseguir que sus genes pasen a la siguiente generación. Tras varios años de investigaciones sobre la escisión del cuerpo calloso, hemos observado que el cerebro no es un dispositivo informático multiusos sino un mecanismo constituido por un inmenso número de circuitos especializados y conectados en serie, que funcionan en paralelo distribuidos por el cerebro para mejorar la toma de decisio-

nes.[27] Esta red permite todo tipo de procesamiento inconsciente simultáneo[28] y eso es lo que nos habilita para hacer cosas tales como conducir un coche. Tenemos en cuenta la ruta, evaluamos las distancias entre nuestro coche y los que nos rodean, la velocidad, cuándo hay que frenar, cuándo hay que acelerar, cuándo hay que cambiar de marcha, además de recordar y cumplir las normas de tráfico y cantar una canción de Bob Dylan que suena por la radio, todo ello de manera simultánea. ¡Impresionante!

No obstante, un elemento que guarda relación con este tema es que, aunque el procesamiento jerárquico se desarrolla dentro de los módulos, parece que no existe ninguna jerarquía entre los mismos.* Todos estos módulos no se supeditan a un jefe de departamento, pues se trata de un sistema autoorganizado y libre para todos. No era así la red que imaginaba el neurocientífico y conferenciante del programa Gifford Donald MacKay. MacKay pensaba que la agentividad consciente era el resultado de una actividad central de supervisión: «La experiencia consciente no tiene su origen en ninguno de los núcleos cerebrales participantes, sino en la cota de malla de respuestas positivas que se configura cuando el sistema evaluativo se convierte en su propio evaluador».

¿Quién o qué manda aquí?

Todavía no hemos resuelto la cuestión de por qué nos sentimos unificados y al mando de nuestras actividades. No sentimos una jauría hostil en el cerebro. ¿Y por qué a los pacientes esquizofrénicos les parece que hay otra persona que controla sus acciones o pensa-

* Excepto el sistema sensorial. Véanse Bassett, D. S., Bullmore, E., Verchinski, B. A., Mattay, V. S., Weinberger, D. R., Meyer-Lindenberg, A., «Hierarchical organization of human cortical networks in health and schizophrenia», *Journal of Neuroscience*, 28(37), 2008, págs. 9239-9248.

mientos? Cuando sus amigos legos en psicología o neurociencia se quedan fascinados o incrédulos en el cóctel al oír hablar a alguien de estos procesos inconscientes, su reacción se debe a que no se corresponden con la experiencia personal del individuo. Se trata de algo muy antiintuitivo para los seres humanos, debido a nuestro fuerte sentido de la unicidad del yo y del control sobre nuestras acciones. Hasta a los neurocientíficos nos cuesta renunciar a la idea del homúnculo u hombrecillo, de un procesador central que ejerce la autoridad en el cerebro, como en la hipótesis de Donald MacKay, según la cual tenemos un sistema supervisor que vigila las intenciones y la conducta que introducen ajustes en nuestro entorno. Puede que no pronunciemos las palabras «H», pero empleamos eufemismos como «función ejecutiva» o «procesamiento descendente». ¿Cómo puede funcionar un sistema sin un mandamás y por qué tenemos la impresión de que existe tal figura? La respuesta a la primera pregunta puede ser que el cerebro funciona como un sistema complejo.

Sistemas complejos

Un sistema complejo está constituido por múltiples sistemas diferentes que interactúan y producen propiedades emergentes que son mayores que la suma de las partes y no puede reducirse a las propiedades de las partes constituyentes. El ejemplo clásico que resulta fácilmente comprensible es el tráfico. Si uno observa las piezas de un coche, no es capaz de predecir un patrón de tráfico. Tampoco es posible predecirlo observando el siguiente estadio superior de organización: el coche. El tráfico emerge de la interacción de todos los coches, sus conductores, la sociedad y sus leyes, el tiempo atmosférico, las carreteras, vete a saber cuántos animales, el tiempo, el espacio y quién sabe qué más.

En el pasado, se creía que el motivo por el que tales sistemas eran

complejos era que no se conocían lo suficiente y que, una vez que se identificaran y comprendieran todas las variables, serían completamente predecibles. Tal planteamiento es plenamente determinista. Sin embargo, a lo largo de los años, los datos experimentales y las teorías cuestionan dicha conclusión. De hecho, cada vez se acepta más que la complejidad en sí se rige por las leyes de la física, como veremos en el cuarto capítulo. El estudio de los sistemas complejos es en sí complejo e interdisciplinar, pues incumbe no solo a físicos y matemáticos sino también a economistas, biólogos moleculares, biólogos poblacionales, científicos computacionales, sociólogos, psicólogos e ingenieros.

Los ejemplos de sistemas complejos aparecen por doquier: la meteorología y el clima en general, la expansión de las enfermedades infecciosas, los ecosistemas, internet y el cerebro humano. Lamentablemente para la psicología, en su intento de explicar la conducta de forma exhaustiva, el fenómeno característico de un sistema complejo «es la multiplicidad de resultados posibles, que lo dotan de la capacidad de elegir, explorar y adaptarse».[29] La idea de que el cerebro humano es un sistema complejo repercute en el debate sobre el libre albedrío, la neurociencia y el derecho, y en el determinismo, temas que abordaremos en capítulos posteriores.

Para nuestra cuestión actual sobre el sentido de la unicidad y el control, resulta de interés una observación del físico Luis Amaral y el ingeniero químico Julio Ottino de la Northwestern University: «La característica común de todos los sistemas complejos es que muestran organización sin que se aplique ningún principio *externo* de organización».[30] Esto significa que no existe ningún mandamás, ningún homúnculo.

Basta con pensar en la plataforma de subastas publicitarias de Google para comprender que se puede tener un sistema en el que parece que alguien lleva las riendas, cuando en realidad no es así. Se basa en algoritmos. La plataforma tiene que satisfacer a tres intereses

distintos: el publicista, que quiere vender un producto y, por tanto, necesita un anuncio relevante; el usuario, que quiere anuncios relevantes para no perder el tiempo, y Google, que quiere tener publicistas satisfechos y usuarios que vuelvan a buscar más negocios. Cada vez que el usuario hace una búsqueda en Google, Google lanza una subasta de clics. Los anunciantes solo pagan cuando reciben un clic. En esta plataforma, los anunciantes aportan una lista de palabras clave, anuncios y pujas con la cantidad que quieren pagar cuando una persona haga clic en su anuncio; sin embargo, el anunciante no paga lo que puja sino la puja del publicista que está inmediatamente por debajo en el posicionamiento, pues de ese modo paga la cantidad mínima necesaria para mantener dicho posicionamiento. El usuario de Google hace una búsqueda y Google compila una lista de anuncios cuyas palabras clave coinciden con los términos de la búsqueda. Google quiere asegurarse de que los anuncios mostrados a los usuarios tengan una elevada calidad. La calidad se evalúa según tres componentes. El más importante es la valoración a través del clic. Cada vez que un usuario hace clic en un anuncio, vota por él. El segundo componente es la relevancia. Google intenta ver en qué medida las palabras clave y el contexto de un anuncio coinciden con la búsqueda. Solo emplea los anuncios relevantes, evitando así a los compradores la aparición de publicidad en una búsqueda no relacionada con el producto anunciado. El tercer componente es la calidad de la página de destino del anunciante, que debe ser relevante, fácilmente navegable y transparente. El posicionamiento de los anuncios viene determinado por el importe de la puja multiplicado por la calidad de la página. La belleza del diseño radica en que se aprovechan los intereses propios de cada una de las partes y ¡listo! Como señala el economista jefe de Google, el resultado es una interacción sumamente productiva.[31] El sistema, aunque parece dirigido por un único controlador, funciona sin ninguno, mediante un algoritmo.

¿Por qué nos sentimos tan unificados? Hemos descubierto algo en el hemisferio izquierdo, otro módulo que recopila todas las señales que llegan al cerebro y construye la narrativa. La denominamos módulo intérprete y es el tema del próximo capítulo.

Capítulo 3
EL INTÉRPRETE

Aunque sabemos que la organización del cerebro está constituida por infinidad de centros de decisión, que las actividades neuronales de un determinado nivel de organización son inexplicables en otro nivel y que, como sucede en internet, el jefe brilla por su ausencia, en los seres humanos persiste el enigma. Nos cuesta renunciar a la convicción de que los seres humanos tenemos un «yo» que decide todas nuestras acciones. Se trata de una ilusión tan poderosa y abrumadora que resulta casi imposible de erradicar. De hecho, hay pocos o nulos motivos para renunciar a ella, puesto que nos ha sido de gran utilidad. Sin embargo, existe un motivo para intentar comprender cómo ocurre todo. Una vez que entendamos por qué nos sentimos dueños de nuestras acciones, aunque sepamos que vivimos con un ligero retardo con respecto a lo que hace nuestro cerebro, comprenderemos por qué y cómo cometemos errores de pensamiento y percepción. En el próximo capítulo veremos dónde buscar en nuestra vida humana espacio para la responsabilidad personal, que sí tiene cabida en nuestro mundo reduccionista.

Consciencia: el camino lento

Cuando era niño, pasaba mucho tiempo en el desierto del sur de California, entre los matorrales y matas de hierba seca, una tierra rodeada por montañas púrpura, creosotas, coyotes y serpientes de cascabel, donde mis padres tenían una finca. Si hoy estoy aquí es

gracias a que tengo procesos inconscientes perfeccionados por la evolución. En concreto, la plantilla de la serpiente a la que me referí en el capítulo anterior. Así pude esquivar más de una serpiente de cascabel, pero eso no es todo. También esquivé la hierba que susurraba con el viento, es decir, me alejé de ella antes de ser consciente de que era el viento lo que motivaba el susurro, no una serpiente de cascabel. Si solo hubiera podido basarme en mis procesos conscientes, probablemente habría sido menos cauteloso y me habrían picado en más de una ocasión. Los procesos conscientes son lentos, al igual que lo que consideramos decisiones conscientes.

Cuando una persona camina, las señales sensoriales de los sistemas visual y auditivo llegan al tálamo, una especie de estación repetidora. Después, los impulsos se envían a las áreas de procesamiento del córtex y se transmiten al córtex frontal. Allí se integran junto con otros procesos mentales superiores y la información quizá accede al flujo de la consciencia, que es cuando la persona se percata de la información (¡hay una serpiente!). En el caso de la serpiente de cascabel, la memoria aporta la información de que estos animales son venenosos y de cuáles son las consecuencias de una picadura y, entonces, tomo la decisión (no quiero que me pique), calculo rápidamente a qué distancia estoy de la serpiente y respondo con una pregunta: ¿tengo que cambiar de dirección y velocidad? Sí, tengo que retroceder. Se envía una orden para poner en guardia a los músculos y se lleva a cabo la acción. Todo este procesamiento requiere tiempo, entre uno y dos segundos, y la serpiente puede picarnos mientras nos decidimos. Sin embargo, afortunadamente, no es necesario que ocurra todo eso. El cerebro toma un atajo inconsciente a través de la amígdala, que está situada debajo del tálamo y lleva el control de todo lo que sucede. Si la amígdala reconoce el patrón asociado con el peligro en el pasado, envía un impulso mediante una conexión directa con el tronco encefálico, que entonces activa la respuesta de huida o lucha y da la señal de alarma. Yo doy un

salto atrás automáticamente sin saber por qué. No he tomado la decisión consciente de saltar, todo sucede sin mi consentimiento consciente. Me percato de ello después de haber pisado a mi hermano al saltar y mi consciencia por fin advierte que no era una serpiente humana sino el viento. Este camino más rápido y bien estudiado, la vieja respuesta de la lucha o la huida, está presente también en otros mamíferos y es fruto de la evolución.

Si me hubieran preguntado por qué salté, habría respondido que creía haber visto una serpiente. La respuesta tiene sentido, pero lo cierto es que salté antes de ser consciente de la posible presencia de la serpiente: la había visto, pero no sabía que la había visto. Mi explicación proviene de la información *post hoc* que tengo en mi sistema consciente: los hechos son que salté y que vi una serpiente. Sin embargo, la realidad es que salté mucho antes (en el mundo de los milisegundos) de percatarme de la presencia de la serpiente. No tomé la decisión consciente de saltar y luego la ejecuté conscientemente. Cuando respondí esa pregunta, estaba fabulando, en la acepción psicológica del término: aportando un relato ficticio de un acontecimiento pasado que creía cierto. El verdadero motivo por el que salté fue una reacción inconsciente automática a la respuesta del miedo desencadenada por la amígdala. Y el motivo por el que fabulé es que el cerebro humano tiende a inferir la causalidad. Tiende a reconstruir acontecimientos que cobran sentido a partir de hechos dispersos. Los hechos que mi cerebro consciente tuvo que elaborar eran que había visto una serpiente y que había saltado. No registró que había saltado antes de percatarme de la presencia de la serpiente.

En este capítulo aprenderemos algo extraño sobre nosotros mismos. Cuando explicamos nuestras acciones, elaboramos un relato a partir de observaciones *post hoc* sin acceso al procesamiento inconsciente. Y, es más, el hemisferio izquierdo amaña un poco las cosas para que encajen en un relato lógico. Solo cuando los relatos se ale-

jan demasiado de los hechos, el hemisferio derecho pisa el freno. Estas explicaciones se basan en los datos que recibe nuestra consciencia, pero la realidad es que las acciones y los sentimientos suceden antes de que seamos conscientes de ellos y, en su mayoría, son consecuencia de procesos inconscientes, que nunca intervendrán en las explicaciones. A decir verdad, atender a las explicaciones que da la gente acerca de sus acciones resulta interesante (y, en el caso de los políticos, divertido), pero a menudo es una pérdida de tiempo.

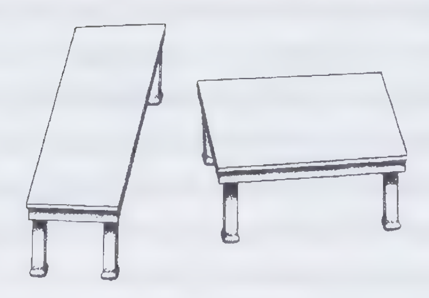
El iceberg inconsciente

La consciencia requiere tiempo, algo que no siempre tenemos. Nuestros antepasados tenían que ser rápidos en las situaciones competitivas donde peligraba la vida; los lentos no vivieron lo suficiente para reproducirse, de modo que no dejaron descendencia. Es fácil mostrar la diferencia de duración temporal entre las respuestas automáticas y aquellas otras en las que interviene la consciencia. Si usted se sitúa delante de una pantalla y tiene que apretar un botón cuando se enciende una luz, al cabo de varios ensayos será capaz de hacer esto en unos 220 milisegundos. Si le piden que lo haga un poco más despacio, en 240 o 250 milisegundos, no será capaz. Su velocidad se reducirá en más del 50 por ciento, por lo que pasará a ser de 550 milisegundos, aproximadamente. Cuando interviene la consciencia, el autocontrol consciente de la velocidad requiere más tiempo, porque la consciencia funciona a menor velocidad. Y usted seguramente lo habrá comprobado muchas veces. ¿Recuerda qué ocurre al tocar el piano, o cualquier otro instrumento, y memorizar una pieza? Una vez que se sabe de memoria una obra, los dedos son capaces de volar hasta que comete un error y conscientemente intenta corregir lo que ha hecho mal. Entonces casi no recuerda la nota que sigue. Más le vale empezar de nuevo con la esperanza de

que los dedos salgan solos del atolladero. Por ello los buenos profesores advierten a los alumnos que no se paren cuando cometan el error en un recital, que sigan, que continúen con la interpretación automática. Lo mismo sucede en el deporte. No piense en el tiro libre, limítese a lanzar el balón como ha hecho cientos de veces en los entrenamientos. El «bloqueo» se produce cuando interviene la consciencia en el juego y retarda el proceso.

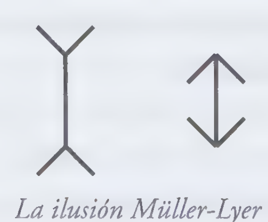
La selección natural favorece los procesos no conscientes. Lo rápido y lo automático son el secreto del éxito. Los procesamientos conscientes resultan caros: requieren no solo mucho tiempo sino mucha memoria. En cambio, los procesos inconscientes son rápidos y se rigen por normas. Las ilusiones ópticas son claros ejemplos de procesamiento inconsciente. Nuestro sistema visual recibe ciertas señales y automáticamente adapta las percepciones en consecuencia. Si observa las formas de las dos mesas que aparecen en la siguiente ilusión óptica, la llamada «ilusión de las mesas giradas» ideada por Roger Shepard, verá que tienen exactamente la misma forma y el mismo tamaño. ¡Nadie se lo cree! Si incluye esta ilusión en un manual introductorio de psicología, los alumnos recortarán las imágenes para verificar si son de verdad iguales. El cerebro computa y añade correcciones para ajustarse a las señales visuales de la orientación de las mesas, no podemos evitarlo. Aun después de cortar y pegar las mesas una sobre la otra para comprobar que miden lo mismo, no podemos cambiar conscientemente la imagen visual para que parezcan iguales. Así pues, cuando ciertos estímulos engañan al sistema visual y construyen una ilusión, aunque sepamos que se trata de un engaño, la ilusión perdura. La parte del sistema visual que produce la ilusión permanece inmune a la corrección basada en el conocimiento consciente.*

* Véanse esta y otras ilusiones en: <http://michaelbach.de/ot/index.html>.



Estas mesas parecen diferentes, pero en realidad el tamaño y la forma son exactamente iguales. Si las mide, observará que son idénticas.

Sin embargo, algunas ilusiones convincentes pueden no influir en la conducta. Por ejemplo, al ver la famosa ilusión de Müller-Lyer, se pide a los observadores que demuestren con los dedos el tamaño de una línea presentada con una punta de flecha en cada extremo, ambas apuntando hacia adentro o hacia fuera. Aunque las puntas de flecha pueden alterar el tamaño percibido de una línea y engañar al ojo (los observadores suelen decir que la línea cuyas flechas apuntan hacia fuera es más larga), los observadores no hacen ese mismo ajuste en la distancia entre los dedos. No engaña a la mano. Esto parece indicar que los procesos que determinan la conducta manifiesta están aislados de los que subyacen a la percepción. Por tanto, un proceso visuomotor que responde a un estímulo visual puede desarrollarse con independencia de la percepción simultánea de ese estímulo.[1] Sin embargo, las cosas cambian cuando interviene la consciencia. Los observadores a los que no se pide que hagan la medición con los dedos hasta transcurrido cierto tiempo, *sí hacen* el ajuste.



La ilusión Müller-Lyer

No obstante, los estímulos que no se perciben conscientemente pueden influir en la conducta. Por ejemplo, en un estudio, Stanislas Dehaene[2] y sus colegas de Francia proyectaron brevemente (43 milisegundos) a los voluntarios un primer estímulo (*prime*, un estímulo que influye en la respuesta posterior), que era un número en cifras o el número escrito como una palabra, seguido de un estímulo de enmascaramiento (dos secuencias de letras sin sentido). Los voluntarios no fueron capaces de determinar la presencia o ausencia del primer estímulo, ni lo diferenciaron de las secuencias sin sentido. Dicho de otro modo, el número o la palabra inicial no llegó a nivel de la consciencia. Después proyectaron un número como estímulo objetivo (*target*) y pidieron a los voluntarios que presionaran una respuesta con una mano si el número era mayor de 5 y con la otra mano si era menor. Si el primer estímulo y el número del estímulo objetivo eran menores de 5 (congruentes), respondían más rápido que si eran incongruentes. Con técnicas de neuroimagen, estos investigadores observaron que el primer estímulo, que nunca llegó a nivel consciente y pasó desapercibido para el sujeto, activó el córtex motor. Si a esta observación se añade que se pueden inducir fuertes efectos perceptivos mediante estímulos que no se perciben conscientemente,[3] se pone de manifiesto que gran parte del funcionamiento cerebral ocurre al margen del control y el plano conscientes. (¡El cerebro me impulsó a hacerlo!) Así pues, los sistemas integrados en el cerebro desempeñan sus funciones automáticamente cuando reciben estímulos de su dominio, a menudo sin conocimiento consciente.

La automaticidad también se adquiere. Se consigue con la práctica. Además del dominio de los instrumentos musicales, otro ejemplo es la mecanografía. Si uno se ejercita lo suficiente, puede mecanografiar sin pensarlo. (¡Y todos hemos leído algún que otro libro sobre esa materia!) Sin embargo, si alguien nos pregunta dónde está la *V*, tendremos que pararnos a pensarlo conscientemente. Y ese es

un proceso lento. Gracias a la automatización, somos mucho más eficientes. Los procesos de automatización nos permiten ser expertos en un campo. Los radiólogos que leen mamografías adquieren un mayor nivel de precisión y rapidez cuanto más practican dicha lectura. Esto se debe a que se ha ejercitado el sistema de reconocimiento de patrones para distinguir automáticamente el tejido anormal. Los individuos se especializan mediante el desarrollo del reconocimiento automático de patrones para una determinada disciplina.

¿Por qué nos sentimos unificados?

Ahora que sabemos (¡somos conscientes!) que gran parte de nuestro procesamiento ocurre de forma inconsciente y automática, volvamos a la cuestión planteada al final del capítulo anterior. Si hay tantos sistemas complejos que funcionan subconscientemente de forma diversificada y distribuida, ¿por qué nos sentimos unificados? Creo que la respuesta a esta pregunta radica en el hemisferio izquierdo y uno de sus módulos, con el que nos topamos durante nuestros años de investigación. Una vez más, los pacientes con escisión del cuerpo calloso permitieron descubrir algunos datos asombrosos.

Transcurridos ya varios años desde el inicio de los experimentos, trabajábamos con otro grupo de pacientes con cuerpo calloso escindido en la Costa Este y empezamos a preguntarnos cómo se sentían estos pacientes cuando transmitíamos información al hemisferio derecho y decíamos a la mano izquierda que hiciera algo. ¿Qué se dicen a sí mismos cuando de repente la mano izquierda hace algo? Es como si, mientras usted está leyendo este libro, de repente viera que su mano empieza a chasquear los dedos. ¿Cómo se lo explicaría? Montamos un experimento en el que podíamos preguntar a los pacientes qué creían que hacía la mano izquierda. Estos experimentos

pusieron de relieve otra capacidad del hemisferio izquierdo que nos dejó asombrados.

Mostramos dos imágenes al paciente con el cuerpo calloso escindido: a su campo visual derecho le mostramos una pata de pollo, de forma que el hemisferio izquierdo era el único que veía la imagen, mientras que al campo visual izquierdo le mostramos un paisaje nevado que solo era visible para el hemisferio derecho. Después le pedimos que eligiera una imagen entre un conjunto de fotografías colocadas delante de él a la vista de ambos hemisferios. La mano izquierda señaló una pala (que era la respuesta más apropiada para la escena nevada) y la mano derecha señaló un pollo (la respuesta más apropiada para la pata de pollo). Luego le preguntamos por qué había elegido esos objetos. El centro del discurso del hemisferio izquierdo respondió: «Ah, es muy sencillo. La pata de pollo se corresponde con el pollo», explicando así lo que ya sabíamos: había visto la pata de pollo. Después, mirando la mano izquierda que señalaba la pala, dijo sin vacilación: «Y la pala es necesaria para limpiar el gallinero». El hemisferio izquierdo, al observar la respuesta de la mano izquierda sin saber por qué había escogido ese objeto, inmediatamente lo situó en el contexto que lo explicaba. Interpretó la respuesta en un contexto coherente con lo que sabía y lo único que sabía era: pata de pollo. No sabía nada acerca del paisaje nevado, pero tenía que explicar la pala escogida por la mano izquierda. Pues bien, los pollos lo dejan todo perdido y hay que limpiarlo. ¡Eso es! Tiene sentido. Lo más interesante es que el hemisferio izquierdo no dijo «No lo sé», que habría sido la respuesta correcta. Inventó una respuesta *post hoc* que encajara con la situación. Fabuló, partiendo de las pistas que conocía y juntándolas en una respuesta coherente. Este proceso del hemisferio izquierdo lo denominamos *el intérprete*.[4]

Hemos recopilado numerosos ejemplos de este proceso en los pacientes con escisión del cuerpo calloso. En un experimento pro-

yectamos las palabras *campana* al hemisferio derecho y *música* al izquierdo. El paciente declaró que había visto la palabra *música*. Cuando le pedimos que señalara la imagen que acababa de ver, el paciente eligió la campana, aunque había otras fotografías que representaban mejor la música. Entonces le preguntamos: «¿Por qué has escogido la campana?» y respondió: «Bueno, la música, la última vez que oí música eran las campanas que sonaban ahí fuera». (Se refería al campanario.) El hemisferio izquierdo, responsable del habla, tenía que inventar una historia que explicara por qué había señalado la campana. En otro experimento, proyectamos las palabras *rojo* al hemisferio izquierdo y *plátano* al hemisferio derecho. Después colocamos en la mesa un surtido de rotuladores de distintos colores y le pedimos que hiciera un dibujo con la mano izquierda. Escogió el rotulador rojo (el hemisferio izquierdo tomaba una decisión fácil) y dibujó un plátano con la mano izquierda (que era el hemisferio derecho). Cuando le pregunté por qué había dibujado un plátano, el hemisferio izquierdo, que no sabía por qué la mano izquierda había dibujado un plátano, respondió: «Es lo más fácil de dibujar con esta mano, porque esta mano se inclina más fácilmente». Una vez más, no dijo: «No lo sé», que habría sido la respuesta correcta.

Nos preguntábamos si las explicaciones de los cambios o las respuestas emocionales estaban también sujetos a esta confabulación *post hoc*, por lo que hicimos un ensayo similar con un paciente adolescente después de inducirle un cambio de estado anímico. Primero preguntamos en voz alta: «¿A quién prefieres...» (ambos hemisferios oyeron esa parte) y luego lateralizamos solo al hemisferio derecho el final de la frase: «*como novia?*». Inmediatamente sonrió, se sonrojó, se mostró avergonzado (el cambio de estado anímico) y negó con la cabeza, pero declaró que no había oído esas últimas palabras. No dijo nada más. Aquella era la respuesta emocional común en un adolescente al que le preguntan por una novia, incluida la reticencia

a hablar de ello, pero en este caso no sabía por qué. Al final, escribió el nombre de su novia con la mano izquierda.

¡No compita con una rata en Las Vegas!

Luego nos preguntamos si podríamos idear un experimento en el que demostráramos que el hemisferio izquierdo y el derecho difieren en el modo en que analizan el mundo. Empleamos para ello un juego de psicología experimental clásico, denominado experimento de adivinación de la probabilidad, donde los sujetos conjeturan cuál de los acontecimientos va a ocurrir a continuación: ¿se encenderá la luz por encima o por debajo de la línea? El experimentador puede manipular la luz de forma que se proyecte por encima de la línea el 80 por ciento de las veces y por debajo el 20 por ciento restante. Resulta que a las ratas se les da mejor este juego que a las personas. Los animales distintos de los seres humanos tienden a maximizar, es decir, siempre eligen la opción que ha ocurrido con mayor frecuencia en el pasado. Las ratas resuelven el problema eligiendo siempre la parte superior y, de ese modo, reciben una recompensa en el 80 por ciento de los casos. Las palomas maximizan. En Las Vegas, la casa maximiza. Los niños menores de cuatro años maximizan.[5] Pero después ocurre algo: los seres humanos mayores de cuatro años emplean una estrategia diferente, denominada «ajuste frecuencial», en la cual tienden a ajustar sus adivinaciones según la frecuencia de los casos anteriores. Conjeturan que la luz se proyectará por encima de la línea el 80 por ciento de las veces y por debajo el 20 por ciento restante. El problema de esta estrategia es que, dado que el orden de aparición es totalmente aleatorio, el índice de error puede ser elevado. Aunque indiquemos que el orden es aleatorio, los individuos tienden a inferir un sistema. Por término medio, en la situación anterior solo aciertan la respuesta correcta en el 67 por ciento de los

casos. Ideamos un modo de presentar este juego a los dos hemisferios por separado y descubrimos que el hemisferio derecho es maximizador,[6] al igual que las ratas, las palomas y los niños menores de cuatro años, y que es el hemisferio izquierdo el que ajusta las respuestas según un criterio frecuencial: intenta deducir un sistema, se ve impulsado a inferir la causa de la frecuencia de las proyecciones y crea una teoría para explicarla. Hemos concluido que los procesos neuronales responsables de la búsqueda de patrones en los acontecimientos están alojados en el hemisferio izquierdo. Es el hemisferio izquierdo el responsable de la tendencia humana de buscar el orden en el caos, el que intenta encajar todo en un relato y contextualizarlo. Parece que se ve impulsado a conjeturar la estructura del mundo, aunque sea evidente que no existe ningún patrón de regularidad. Y persiste en este empeño incluso cuando va en detrimento de la eficacia: con las máquinas tragaperras, por ejemplo.

Parece extraño que el hemisferio izquierdo incida en esta conducta inadaptativa. ¿Por qué tenemos un sistema como este, si conlleva un efecto nocivo en cuanto a la precisión? Pues bien, la respuesta es que en la mayor parte de los casos es adaptativo; de no ser así, no lo tendríamos. Los patrones del mundo exterior suelen tener causas discernibles y deterministas, por lo que un sistema que busca esas pautas de regularidad nos ha conferido una ventaja importante en todas partes salvo en Las Vegas.

Cómo funciona el intérprete

Una vez que comprendemos que el proceso del intérprete del hemisferio izquierdo tiende a buscar las explicaciones o causas de los acontecimientos, advertimos que interviene en todo tipo de situaciones. De hecho, explica las observaciones de muchos experimentos del pasado. Por ejemplo, los resultados de un famoso estudio de

psicología social, desarrollado en 1980, pueden entenderse a la luz del reciente descubrimiento de este mecanismo intérprete. En este experimento, se pintaba con maquillaje una prominente cicatriz en la cara de los sujetos y ellos la observaban en un espejo.[7] Les decían que iban a mantener una conversación con otra persona y que al experimentador le interesaba averiguar si la conducta del interlocutor se vería afectada por el defecto del sujeto, la cicatriz. Al sujeto le pedían que observase cualquier conducta que interpretase como reacción ante la cicatriz. En el último momento, el experimentador decía que tenía que humedecer la cicatriz para impedir que se resquebrajara, pero lo que hacía en realidad, sin que el sujeto lo supiera, era eliminarla. Entonces los sujetos conversaban con la otra persona y, a continuación, el experimentador les preguntaba qué tal había ido. Los sujetos informaban de que la otra persona, que se mostraba tensa y condescendiente, los había tratado fatal. Después les mostraban un vídeo de la otra persona, grabado durante la conversación, y le pedían que identificara el momento en que la otra persona reaccionaba ante la cicatriz. En cuanto empezaba el vídeo, los sujetos lo interrumpían para señalar que la otra persona miraba hacia otra parte, gesto que atribuían a la cicatriz, y lo mismo durante todo el resto de la grabación. El modelo intérprete generaba la primera explicación y la más fácil a partir de la información de que disponía: había una cicatriz que desfiguraba la cara, la otra persona apartaba la mirada con frecuencia, no había nadie más en la sala y no había ninguna otra distracción. La explicación generada era que la persona apartaba la mirada a causa de la cicatriz. El intérprete se veía impulsado a inferir la causa y el efecto. Explica continuamente el mundo mediante las señales que recibe acerca del estado cognitivo actual y otros datos procedentes del entorno. Curiosamente, la gente suele apartar la mirada durante las conversaciones, pero es algo que pasa desapercibido. La información de que el interlocutor apartaba la mirada con frecuencia pasó a la consciencia de estos su-

jetos solo porque estaban atentos a las reacciones y predispuestos a observarlas. Todo su relato, la absoluta realidad que percibían en aquel momento, se basaba en dos premisas erróneas: a) tenían una cicatriz, y b) el interlocutor apartaba la mirada más de lo habitual. Así pues, debemos tener en cuenta que las explicaciones del intérprete son buenas si la información que recibe es veraz.

Utilizamos el módulo intérprete durante todo el día para captar lo esencial de las situaciones, interpretar las señales externas y las reacciones fisiológicas de nuestro cuerpo, así como para explicar todo. En el capítulo anterior señalamos que el hemisferio derecho vivía una vida literal y recordaba los artículos exactos de una lista de objetos, mientras que el hemisferio izquierdo tiende a reconocer falsamente los artículos que son similares como si fueran idénticos. Tal como señalé anteriormente, el hemisferio izquierdo amaña las cosas. El intérprete hace esto no solo con los objetos sino también con los acontecimientos. En un experimento con sujetos sanos que no se habían sometido a ninguna callosotomía, mostramos una serie de cuarenta fotografías que narraban la historia de un hombre que se levantaba por la mañana, se vestía, desayunaba y se iba a trabajar. Después, al cabo de un rato, preguntábamos a cada sujeto qué fotografías había visto. Entonces le presentamos otra serie de fotografías: algunas eran las fotografías originales, pero estaban intercaladas con otras que no se habían mostrado anteriormente aunque podían encajar en el relato, junto con otras fotografías de distracción que no tenían nada que ver con la historia, como el hombre jugando al golf o en el zoo. Lo que hacemos usted y yo en una tarea como esta es incorporar las fotografías verdaderas y las relacionadas, descartando las imágenes de distracción. En los pacientes con escisión del cuerpo calloso, también responde así el hemisferio izquierdo. En cambio, el hemisferio derecho no actúa de ese modo. Como descubrimos en el capítulo anterior a propósito de la memorización de objetos, el hemisferio derecho es totalmente verídico y solo identifi-

ca las fotografías originales. El hemisferio izquierdo extrae lo esencial de la historia y acepta cualquier cosa que encaje en ella, pero descarta todo lo que no coincida. Esta elaboración va en detrimento de la exactitud pero normalmente facilita el procesamiento de la nueva información. El hemisferio derecho no infiere la esencia del relato, es muy literal y no incluye nada que no estuviera ahí inicialmente. Y por ello nuestro hijo de tres años nos pone en un aprieto cada vez que nos dice que hemos adornado una anécdota. El niño sigue maximizando y el intérprete del hemisferio izquierdo, que se conforma con la esencia de la narración, todavía no funciona a pleno rendimiento.

Como ya he señalado, el intérprete es un sistema muy ocupado. Hemos observado que está activo incluso en el ámbito emocional, pues intenta explicar los cambios de estado de ánimo. En una paciente provocamos un estado anímico negativo en el hemisferio derecho, mostrándole un vídeo de un simulacro de incendio en el que empujaban a un chico al fuego. Cuando le pregunté lo que había visto, contestó: «No sé qué he visto exactamente. Creo que era un destello blanco». Pero cuando le pregunté si le provocaba alguna emoción, respondió: «No sé por qué, pero estoy como asustada. Estoy nerviosa. Será que no me gusta esta sala o a lo mejor es que usted me pone nerviosa». Después se dirigió a uno de los ayudantes de investigación y le dijo: «Sé que el doctor Gazzaniga me cae bien, pero en este momento, por algún motivo, me da miedo». *Sintió* la respuesta emocional al vídeo —todos los resultados autónomos—, pero ignoraba qué la había provocado. El intérprete del hemisferio izquierdo debía explicar por qué tenía miedo. La información que recibía de las señales del entorno era que yo estaba en la sala haciendo preguntas y que no ocurría nada más. La primera explicación coherente que encontró era que yo la asustaba. Lo que nos pareció más fascinante es que los hechos pueden existir, pero no son necesarios. El hemisferio izquierdo utiliza lo que tiene e improvisa el resto.

La primera explicación lógica es suficiente, así que en este caso la culpa es del experimentador. El intérprete del hemisferio izquierdo crea orden en el caos de la información que le envían todos los demás procesos. Probamos de nuevo con otra emoción y otra paciente. Proyectamos una fotografía de una modelo de revista y la paciente se rió por lo bajo. Una vez más dijo que no veía nada, pero, cuando le preguntamos por qué se reía, nos dijo que teníamos una máquina muy graciosa. Esto es lo que hace nuestro cerebro durante todo el día. Recibe señales de otras áreas del cerebro y del entorno y las sintetiza en un relato. También recibe señales del cuerpo, según se ilustra en el siguiente experimento clásico.

Las glándulas adrenales segregan la hormona epinefrina, que activa el sistema nervioso simpático, lo que provoca a su vez una aceleración del ritmo cardíaco, la contracción de los vasos sanguíneos y la dilatación de las vías aéreas, incrementando el aporte de oxígeno y glucosa al cerebro y los músculos. Produce temblores de la mano, rubor facial, palpitaciones y ansiedad. El cuerpo excreta esta hormona en todo tipo de circunstancias, desde la respuesta de huida o lucha mencionada anteriormente hasta otras reacciones de estrés a corto plazo, ya sean motivadas por el peligro (la caída de una balsa en una zona de rápidos), la emoción (los momentos previos a la aparición de nuestro artista favorito en el escenario) o la irritación por ruidos estruendosos, el calor u otros factores estresantes ambientales, como su jefe. En 1962, Stanley Schachter y Jerry Singer, de la Universidad de Columbia, hicieron un experimento (basado en el engaño, por lo que probablemente no se autorizaría en la actualidad) para demostrar que los estados emocionales están determinados por una combinación de estimulación fisiológica y factores cognitivos.[8] A los voluntarios les dijeron que les iban a poner una inyección de vitamina para ver si producía algún efecto en el sistema visual, pero en realidad lo que les inyectaban era epinefrina. A algunos sujetos les dijeron que la inyección de vitamina podía provocar efectos secun-

darios como palpitaciones, temblores y rubor, mientras que a otros les dijeron que no tenía efectos secundarios. Después de la inyección de epinefrina, pusieron a los voluntarios en contacto con un colaborador del proyecto que se comportaba de un modo eufórico o irritado. Los sujetos que estaban informados acerca de los «efectos secundarios» de la inyección atribuyeron sus síntomas, como la aceleración del ritmo cardíaco, al fármaco inyectado. En cambio, los sujetos que no estaban informados atribuyeron su estimulación autónoma al entorno. Los que estaban con el colaborador eufórico declararon que estaban entusiasmados, mientras que aquellos que estaban con el colaborador irritado dijeron que estaban enfadados. Se aportaron tres argumentos distintos, todos razonables, para explicar los síntomas físicos, pero solo uno era el correcto: la inyección de epinefrina. Una vez más, este experimento ilustra la tendencia humana de generar explicaciones para interpretar los acontecimientos. Cuando estamos estimulados, sentimos el impulso de explicar el motivo. Si existe una explicación evidente, la aceptamos, como hizo el grupo informado acerca de los efectos de la epinefrina. Cuando no existe ninguna explicación evidente, la inventamos.

De modo que este proceso interpretativo del hemisferio izquierdo recibe todas las señales, las agrupa en un relato coherente y genera el resultado. Sin embargo, como hemos visto, las explicaciones del hemisferio izquierdo son buenas en la medida en que es correcta la información que recibe. Y en muchos de los ejemplos anteriores hemos visto que la información recibida era errónea.

Nuestra interpretación es tan correcta como las señales que recibimos

El descubrimiento de este mecanismo nos lleva a preguntarnos con qué frecuencia se equivoca. Nos vienen a la mente infinidad de

ejemplos en los que hemos malinterpretado las interacciones con los demás. Sin embargo, nos cuesta mucho más identificar cuándo hemos malinterpretado nuestras propias respuestas emocionales, sobre todo cuando son erróneas. Ciertos factores endógenos del metabolismo cerebral, como los asociados con los ataques de pánico, producen diversos estados emocionales y alteraciones psicológicas. Un acontecimiento de motivación biológica que da lugar a una descarga de epinefrina produce un estado anímico diferente, que a su vez debe ser interpretado. La mayor parte de los individuos no piensa: «¡Caramba! Este incremento del ritmo cardíaco y de la sudoración seguramente se debe a una disfunción del metabolismo cerebral. Tendré que consultármelo». El sistema interpretativo de la mayoría de la gente tiene en cuenta las señales de su propia historia psicológica pasada y presente y las del entorno actual para construir una explicación: «Tengo el corazón acelerado y sudo, debo de estar asustado, y lo que me asusta debe de ser... [mira a su alrededor y ve un perro] ¡un perro! ¡Me dan miedo los perros!». Si los acontecimientos endógenos mejoran con la medicación o los acontecimientos naturales, las interpretaciones atribuidas a la alteración del estado anímico perduran. Se han ido acumulando en la memoria. Así es como se originan las fobias.

El intérprete no solo interpreta lo que sentimos y las motivaciones de nuestra conducta sino también lo que ocurre en el interior del cerebro. Lo descubrimos por casualidad. Mientras examinábamos a una paciente, VP, de forma inesperada observamos que era capaz de hacer algunas inferencias que no estaban al alcance de otros pacientes con escisión del cuerpo calloso. Por ejemplo, en los demás pacientes de este tipo, si mostrábamos las palabras *tela* a un hemisferio y *araña* al otro, el paciente dibujaba una tela y una araña, mientras que usted o yo dibujaríamos una telaraña. Pues bien, VP dibujó también una telaraña. ¿Por qué? Como existe un proceso latente de autoindicación para compensar la pérdida de procesa-

miento cerebral, durante los ensayos con casos de escisión del cuerpo calloso y otros pacientes neurológicos hemos tenido que vigilar dónde se producía la integración de la información: dentro o fuera del cuerpo. Por ejemplo, los pacientes con escisión del cuerpo calloso pueden mover la cabeza para que los estímulos visuales de ambos campos lleguen a los dos hemisferios o pueden decir algo en voz alta para que el hemisferio derecho reciba una señal auditiva del hemisferio izquierdo. Otros ensayos han mostrado que VP no era capaz de casar imágenes de formas, tamaños o colores entre ambos hemisferios, por lo que no había transferencia simple de la información visual. No obstante, si veía las palabras *cuadrado rojo*, sí se producía la transferencia y entonces la paciente era capaz de escoger el cuadrado rojo con el otro hemisferio. Según se pudo apreciar en la resonancia magnética, resultaba que en la intervención quirúrgica inadvertidamente no se habían seccionado algunas fibras del cuerpo calloso anterior. Esas fibras en concreto permitían la transferencia de palabras impresas entre ambos hemisferios, de forma que el hemisferio izquierdo también veía las palabras que veía el derecho. Así pues, el intérprete tenía la señal de las dos palabras, *tela* y *araña*, y las juntó para formar un solo relato. En cambio, en el paciente JW se practicó una escisión total. No tenía transferencia interna de información, de manera que si esta se producía, era por el exterior del cuerpo. Sin embargo, la transferencia es rápida e inteligente y a veces parece que ocurre en el interior del cerebro. Proyectamos la palabra *coche* al hemisferio izquierdo y *1928* al hemisferio derecho y luego le pedimos que dibujara lo que había visto. Es un buen artista y además le gustan los coches. Con la mano izquierda (que solo recibía la información del hemisferio derecho y había visto la palabra *1928*) dibujó un coche de 1928. De alguna manera los dos hemisferios colaboraron en la acción motora de dibujar el coche, pero la pista y la integración sucedieron en el papel, fuera del cuerpo. Mientras la mano izquierda dibujaba, el hemisferio izquierdo veía lo

que dibujaba e influyó en el proceso, pero esto no ocurrió en el interior del cerebro sino como resultado de las acciones externas del otro hemisferio.

Así como tenemos este intérprete precoz que siempre está explicando las conductas, los pensamientos y las emociones emergentes de este sistema y paralelo, se plantea la pregunta de si existe también un intérprete en el hemisferio derecho. Según se observa a menudo al estudiar el cerebro, surgen resultados sorprendentes que requieren una explicación. Como ya señalé anteriormente, el hemisferio derecho es maximizador. Sin embargo, observamos que el hemisferio derecho hace ajustes frecuenciales cuando le presentan estímulos para los que está especializado, como la tarea visual del reconocimiento social. En esta tarea, se planteaba al hemisferio izquierdo o al derecho que adivinara si la cara que le iban a mostrar tenía vello facial (el 30 por ciento de las caras presentadas tenían vello facial). El hemisferio izquierdo, que no es especialista, responde de forma aleatoria en este experimento.[9] Esto nos indicó que un hemisferio cede el control de una tarea al otro hemisferio si este está especializado en esa tarea.[10] Es algo que le indica un hemisferio al otro mediante la mayor velocidad de respuesta.

Entre las especializaciones del hemisferio derecho se cuenta el procesamiento visual. Paul Corballis, al estudiar a los pacientes con escisión del cuerpo calloso en nuestro laboratorio, postuló que el hemisferio derecho tiene un intérprete visual dedicado a resolver las ambigüedades de la representación de un mundo tridimensional a partir de la imagen bidimensional inherente a la visión espacial. Hermann von Helmholtz, en su *Treatise on Physiological Optics* [Tratado de óptica fisiológica], publicado póstumamente en 1909, fue el primero en sugerir que, con el fin de conseguir la visión tridimensional del mundo, la percepción visual se produce mediante la inferencia inconsciente de información a partir de la imagen bidimensional de la retina. Conjeturó la idea sorprendente de que la percepción

era básicamente un proceso cognitivo que incluía no solo la información de la retina sino también las experiencias y los objetivos del perceptor. Corballis señala que se requiere una gran inteligencia para crear una representación precisa del mundo a partir de la información aportada por la imagen de la retina y sugiere que un proceso de intérprete del hemisferio derecho lleva a cabo esta tarea.[11]

Parte de los misterios del sistema visual han consistido en indagar por qué nos engañan algunas ilusiones visuales, en descubrir que no todas las ilusiones visuales se ven igual en los dos hemisferios y en comprender el papel que desempeña cada hemisferio en el procesamiento visual. Corballis y sus colegas descubrieron que, aunque los dos hemisferios son igual de eficientes en el procesamiento visual de nivel inferior (las primeras fases de procesamiento de los estímulos visuales), como la percepción de los contornos ilusorios (una ilusión donde se perciben los contornos aunque no haya línea, luminancia ni cambio de color),[12] al hemisferio derecho se le dan mejor diversas tareas visuales que conllevan un procesamiento avanzado. El hemisferio derecho es capaz de desempeñar tareas que conllevan discriminaciones de naturaleza espacial, como la detección de si dos imágenes son idénticas o reflejos invertidos, la detección de pequeñas diferencias en la orientación de las líneas[13] y la rotación mental de los objetos,[14] mientras que el hemisferio izquierdo es una nulidad en estas funciones. El derecho es también superior en las tareas de discriminación temporal como los juicios sobre si dos objetos aparecen en una pantalla durante un período de tiempo igual o desigual.[15] También resulta que el hemisferio derecho tiene cualidades excepcionales para la agrupación perceptiva. Por ejemplo, si se muestran figuras parcialmente dibujadas al hemisferio derecho, este puede adivinar con facilidad lo que son, mientras que el hemisferio izquierdo no es capaz de descubrirlo hasta que la figura está casi completa. Otro ejemplo es el movimiento ilusorio de una línea.

Esto ocurre cuando se muestra una línea en una pantalla en su totalidad, toda a la vez, pero al observador le parece que se prolonga desde uno de los extremos. Esta ilusión puede manipularse tanto en el nivel inferior como en el superior del procesamiento visual. Si aparece un punto en un extremo justo antes de que se vea la línea, da la impresión de que la línea se prolonga desde el punto.[16] Esto es el procesamiento de nivel inferior y la ilusión la experimentan los dos hemisferios. Si la línea se proyecta entre dos puntos de distintos colores o anchuras, parece que se prolonga desde el punto al que se asemeja.[17] Esto conlleva un procesamiento de nivel superior: el hemisferio derecho ve esta ilusión, pero el izquierdo no.[18]

Si el hemisferio derecho tiene capacidad para captar los patrones complejos y logra automatizarlos, cabría pensar que interviene en las capacidades de los grandes maestros del ajedrez. Los jugadores de ajedrez han sido objeto de estudio de los científicos cognitivos ya desde los años cuarenta con los trabajos de Adriaan de Groot, que era psicólogo y también jugador de ajedrez. El gran maestro internacional y dos veces campeón estadounidense Patrick Wolff, que a los veinte años derrotó al campeón mundial Gary Kasparov en veinticinco movimientos, acudió a nuestro laboratorio. Le mostramos durante cinco segundos la imagen de un tablero de ajedrez con todas las piezas colocadas según un patrón coherente para las normas de este juego y luego le pedimos que lo reprodujera. Lo hizo con rapidez y precisión: logró colocar a veinticinco de veintisiete jugadores en la posición correcta. Si usted y yo lo intentáramos, aunque fuéramos buenos jugadores, solo lograríamos colocar bien unas cinco piezas. Sin embargo, perduraba una cuestión: ¿era capaz porque tenía muy buena memoria visual? De ser así, entonces daría lo mismo que las piezas estuvieran colocadas en posiciones poco coherentes para el ajedrez. Volvimos al tablero: echó otro vistazo rápido al mismo tablero, con el mismo número de piezas, pero en posiciones incoherentes. Esa vez solo acertó unas pocas piezas, como cualquier perso-

na que no sea jugadora de ajedrez. Su precisión inicial provenía de que el hemisferio derecho detectaba automáticamente los patrones que había aprendido durante sus años de práctica del ajedrez.

De modo que, aunque los neurocientíficos sabíamos que el mecanismo perceptivo de patrones del hemisferio derecho de Wolff está codificado, funciona de manera automática y es la fuente de esta capacidad, él no lo sabía. Cuando le preguntamos por qué sucedía esto, el intérprete del hemisferio izquierdo buscó una explicación. «Para llegar a esto es como si intentaras... entender lo que ocurre rápidamente, y claro, divides las cosas, ¿no? Quiero decir que, claro, estos peones... pero, pero, vamos, divides las cosas de un modo normal, como... quiero decir, una persona puede pensar que esto es una especie de estructura, pero en realidad yo pensaría que es algo más, todos los peones así...»

El intérprete desarrolla bien su teoría si es correcta la información que obtiene. Recibe los resultados de las computaciones de multitud de módulos. No recibe la información de que hay multitud de módulos. No recibe la información acerca del funcionamiento de los módulos. No recibe la información de que existe un sistema de reconocimiento de patrones en el hemisferio derecho. El intérprete es un módulo que explica los acontecimientos a partir de la información que recibe, de modo que, en el caso de Patrick Wolff, la información que recibió el intérprete era que el sujeto puede reproducir rápidamente un tablero de ajedrez de un solo vistazo y que tiene conocimientos avanzados de ajedrez. Y este es el argumento que utilizó para explicar su capacidad.

Secuestro del intérprete

La idea de que el intérprete solo trabaja bien si los datos que recibe son correctos resulta crucial para explicar muchas conductas apa-

rentemente inexplicables de los dos hemisferios y de los pacientes neurológicos. De hecho, si se aportan al intérprete datos incorrectos, uno puede secuestrarlo. En consecuencia, se obtiene un relato diferente del que se habría producido en otras circunstancias, de manera que para el proceso del intérprete, la realidad es virtual. Depende de las señales sensoriales que están aquí y ahora.

Por ejemplo, si usted, junto con su cerebro de correcto funcionamiento, acudiera a un laboratorio de realidad virtual, observaría que es una sala grande con el suelo liso de hormigón. Esa es su realidad actual. Luego se pone las gafas de la realidad virtual y lo que ve está controlado por el señor que maneja el ordenador desde una esquina y se divierte gastándole bromas. Usted empieza a caminar y de repente se topa con un pozo profundo. ¡Ay! De pronto usted tiene una descarga de adrenalina, se le acelera el pulso y da un salto atrás. Oye risas. Pero justo entonces aparece una tabla estrecha que atraviesa el pozo y a usted le piden que lo cruce. Si es como yo, se negará en redondo y dirá: «¡De ninguna manera!». Si le gustan las emociones fuertes y lo intenta, estirará los brazos para mantener el equilibrio y avanzará a paso de tortuga, con el corazón en un puño y los músculos tensos. Por supuesto, los presentes en el laboratorio se reirán porque usted camina sobre un suelo plano de hormigón. Aunque usted lo sepa, su sentido común está secuestrado por las percepciones del momento. Su interpretación del mundo se ve influida inmediatamente por las señales visuales que anulan lo que sabe su cerebro consciente.

El intérprete recibe datos de los ámbitos que controlan el sistema visual, el sistema somatosensorial, las emociones y las representaciones cognitivas. Sin embargo, como ya hemos visto, el intérprete trabaja bien si la información que recibe es correcta. Las lesiones o disfunciones en cualquiera de estos sistemas parciales de control producen una serie de afecciones neurológicas peculiares que conllevan la formación de conceptos incompletos o ilusorios acerca de

uno mismo, de otros individuos, de los objetos y el entorno circundante, lo que se manifiesta en una conducta de apariencia extraña. No obstante, deja de ser algo extraño si se comprende que tales conductas son consecuencia de que el intérprete no recibe información o la recibe errónea. En el capítulo anterior vimos lo que ocurre cuando existe una lesión en el ámbito que controla parte del sistema visual. Por lo que respecta al ámbito que controla el sistema somatosensorial, una lesión puede producir un síndrome denominado anosognosia. Una persona con este síndrome negará que la mano izquierda paralizada sea suya. Vilayanur Ramachandran relata el siguiente encuentro con una paciente de tales características:

> PACIENTE [señalando su mano derecha]: Doctor, ¿de quién es esta mano?
> DOCTOR: ¿Usted de quién cree que es?
> PACIENTE: Bueno, suya no es, desde luego.
> DOCTOR: ¿Entonces de quién es?
> PACIENTE: Tampoco es mía.
> DOCTOR: ¿Usted de quién cree que es?
> PACIENTE: Es la mano de mi hijo, doctor.[19]

El córtex parietal busca constantemente información sobre la posición del brazo en el espacio tridimensional y también controla la existencia del brazo en relación con todo lo demás. Si se produce una lesión en los nervios sensoriales de la periferia del sistema nervioso, se interrumpe el flujo de información que llega al cerebro. El sistema de seguimiento no recibe información sobre la posición del brazo, sobre lo que hay en la mano, sobre si sufre algún dolor, sobre si está caliente o fría o si se puede mover o no. El sistema de seguimiento se queja: «¡No hay señal! ¿Dónde está la mano izquierda?». Pero si la lesión está en el córtex parietal, entonces no hay seguimiento ni queja, porque el sistema de aviso está dañado. Un pacien-

te con una lesión parietal derecha tiene dañada el área que representa la mitad izquierda del cuerpo, como si esa parte del cuerpo hubiera perdido su representación cerebral sin dejar rastro, sin que exista en el cerebro ninguna área capaz de informar al intérprete sobre si la parte izquierda del cuerpo funciona o no. Para ese paciente, la mitad izquierda del cuerpo deja de existir. Cuando un neurólogo coge la mano izquierda del paciente y la acerca a la cara del mismo paciente, no llega ninguna información somatosensorial al intérprete del paciente y este aporta una respuesta razonable: «Esa no es mi mano». El intérprete, que está intacto y funciona correctamente, no recibe información del lóbulo parietal sobre la mano izquierda, de manera que concluye que no puede ser suya. Desde esta perspectiva, las afirmaciones del paciente son razonables.

Otra afección rara es el síndrome de Capgras, donde el problema radica en el sistema que controla las emociones. Estos pacientes son capaces de reconocer a un familiar cercano pero afirman que la persona es un impostor, un doble idéntico que ha sustituido a la verdadera persona. Por ejemplo, otro paciente descrito por Ramachandran dijo acerca de su padre: «Es igual a mi padre, pero no es él. Es un tipo agradable, pero no es mi padre, doctor». Cuando le preguntaron por qué ese hombre fingía ser su padre, el paciente respondió: «Eso es lo que me extraña, doctor. ¿Por qué se le ocurre a alguien fingir que es mi padre? A lo mejor mi padre lo contrató para que se ocupara de mí, le dio dinero para que pagara mis facturas...».[20] En este síndrome los sentimientos emocionales por la persona familiar se desconectan de la representación de esa persona.[21] El paciente no siente ninguna emoción cuando ve al familiar, reacción que puede evaluarse a través de las respuestas de conductancia cutánea. El intérprete tiene que explicar este fenómeno. Recibe la información a través del módulo de identificación de caras: «Es papá». En cambio, no recibe ninguna información emocional. Tiene que establecer una inferencia causal. Al intérprete se le ocurre una solución: «No

debe de ser papá, porque si fuera papá, yo sentiría alguna emoción, así que se trata de un impostor».

Aunque resultan fascinantes tales casos de un sistema de intérprete de secuestrado, existen otros ejemplos mucho más próximos. Es habitual el consumo de fármacos que reducen la ansiedad, pero esta no siempre es perjudicial. Si usted está cruzando la calle y ve que alguien actúa de manera sospechosa, sería tan normal como práctico que sintiera cierta ansiedad, inquietud, y se mostrase más cauteloso. Esa descarga de adrenalina ha resultado eficaz a lo largo de cientos de miles de años de evolución. Si usted toma un fármaco para suprimir la ansiedad, no tendrá ese incremento de inquietud y cautela cuando advierta una situación amenazadora. Su sistema de seguimiento estará secuestrado y aportará al intérprete mala información. Si usted no se siente ansioso, su sistema interpretativo no clasifica la situación como peligrosa, realizará una interpretación diferente y usted no tomará medidas de precaución. Se ha relacionado el incremento del consumo de tales fármacos en la ciudad de Nueva York con el incremento de los atracos y las visitas a urgencias.

En otras ocasiones el fármaco ansiolítico no es el que inhibe la respuesta de lucha o huida sino el intérprete que racionaliza las situaciones: «Tranquilízate, no hay nada raro, solo es un vagabundo». Tal vez por haber oído demasiadas veces el consejo de que no hay que ser suspicaz con los desconocidos sino políticamente correcto, el intérprete elude las señales de aviso.

Ramachandran sugiere que los diversos mecanismos de defensa, como la racionalización (creación de pruebas ficticias o falsas creencias) y la represión, surgen porque el cerebro llega a la interpretación más probable y coherente en su conjunto de los datos procedentes de múltiples fuentes y después elude o suprime la información conflictiva. Esta hipótesis es coherente con nuestra observación de que el hemisferio izquierdo hace ajustes frecuenciales e identifica erróneamente ciertos estímulos nuevos similares como si fueran idénti-

cos a los percibidos con anterioridad. Capta la esencia de la situación a partir de todas las señales, intenta encontrar un patrón y engloba todo en una interpretación lógica. También ha señalado que el lóbulo parietal derecho tiene un sistema «detector de anomalías» que rechina cuando las discrepancias son demasiado notorias. El hemisferio derecho literal se interpone. Esto explicaría la observación de que los pacientes con lesiones en el lóbulo parietal derecho pueden inventar relatos descabellados procedentes del hemisferio izquierdo, no restringidos por el detector de anomalías del hemisferio derecho, mientras que no ocurre lo mismo con las lesiones del hemisferio izquierdo, donde el sistema derecho, totalmente preciso y exacto, está plenamente operativo. Los pacientes con lesiones en el lóbulo frontal izquierdo no suelen ser capaces de negar, racionalizar o salvar las lagunas mediante estrategias fabuladoras y suelen sufrir depresión. Imagine que no puede encontrar una buena excusa para comerse la tarta de chocolate.

Lo veo pero no lo creo

El intérprete afronta a cada instante la información cambiante que proviene de las áreas del cerebro donde ocurre la actividad. Sentado bajo el manzano, Isaac Newton dio rienda suelta al rasgo humano que consiste en buscar constantemente explicaciones y causas de las cosas y, entonces, se preguntó: «¿Por qué se ha caído la manzana? Hummm... No hay nada que la haya empujado. ¿Por qué no sube?». Newton acometió dos tipos diferentes de procesamiento relativo a la causalidad y hemos descubierto que uno de los tipos ocurre en el hemisferio derecho y el otro en el izquierdo. Albert Michotte, psicólogo experimental belga, propuso el mejor ejemplo conocido de causalidad perceptiva, denominado bolas de Michotte. Después de observar en una pantalla una bola verde que avanza hacia una bola

roja y se detiene en cuanto entra en contacto con ella y luego la bola roja que se aleja, la mayor parte de los sujetos indica que la bola verde ha causado el movimiento de la bola roja. Esto es causalidad perceptiva, la percepción directa, en este caso de la observación de que cierta acción ocurrió como consecuencia del contacto físico. No obstante, si hay un desfase temporal entre el momento en el que las bolas entran en contacto y el instante en el que la bola roja se desplaza o si las bolas no llegan a tocarse y la bola roja se mueve, la mayor parte de los sujetos declara que no existe ninguna relación causal. Es el hemisferio derecho el que aprecia esta diferencia.[22] Al hemisferio izquierdo no le afecta el desfase temporal o espacial, porque en los tres casos declara que la bola verde provoca el movimiento de la bola roja. La causalidad perceptiva es competencia del hemisferio derecho. Así pues, cuando Newton observó que se caía la manzana pero no percibía ninguna interacción observable que la causara, empleó el hemisferio derecho. En otros animales todo termina ahí. Pero Newton no se contentaba con esa respuesta. Continuó empleando la inferencia causal, la aplicación de las reglas lógicas y el conocimiento conceptual a la interpretación de los conocimientos, competencia, como ya habrá adivinado, del hemisferio izquierdo. Esto se observa en los resultados del siguiente experimento: dos cajas pequeñas, una roja y una verde, estaban suspendidas sobre una caja más grande. Cuando una de estas cajas caía y tocaba la caja mayor, ya fuera de forma independiente o conjunta, la caja más grande se encendía solo si la caja verde la tocaba. El hemisferio izquierdo hace la inferencia causal inmediata de que la caja verde puede tocar la caja mayor para encenderla, pero en cambio el hemisferio derecho no es capaz de derivar esa consecuencia. En el transcurso de la vida, a medida que pasamos de una tarea a otra, las distintas regiones distribuidas por el cerebro interactúan y se entremezclan, dominando por momentos nuestra consciencia.

La improvisación del intérprete

Vimos esta mezcla en acción cuando, de forma inesperada, el primero de nuestros pacientes con escisión del cuerpo calloso y luego algunos otros empezaron a emitir palabras con el hemisferio derecho. Nos sorprendió que, después de proyectar dos palabras, *llave*, al hemisferio derecho, y *tenedor*, al izquierdo, en lugar de decir solo «tenedor», el paciente dijo «tenedor» y luego dijo «llave». ¿Qué ocurría? Una vez más queríamos saber si había transferencia de información entre los hemisferios, ya fuese interna o externamente, o si ambos hemisferios hablaban. Para resolver la cuestión, proyectamos otras dos imágenes, pero esta vez indicamos al paciente que no nos dijera lo que veía sino si eran iguales o diferentes. No fue capaz. Al cabo de varios ensayos observamos que el hemisferio derecho emitía una palabra y no había transferencia de información. Empezamos a hacer ensayos donde se observaba la rapidez de adaptación, pues el intérprete intentaba captar toda la información que podía. Mostramos al paciente PS una serie de cinco diapositivas con dos palabras en cada una (Yo + Ana; no + se; compro + mete; nada + conmigo; aquí + hoy).* El hemisferio derecho veía la palabra de la izquierda y el izquierdo veía la palabra de la derecha. Las cinco palabras que veía cada hemisferio formaban un relato coherente. El hemisferio derecho veía: *Yo no compro nada aquí*. El hemisferio izquierdo veía: *Ana se mete conmigo hoy*. Si se leía toda la frase de izquierda a derecha, como haríamos usted o yo, la serie de diapositivas constituía también un relato: *Yoana no se compromete nada conmigo aquí hoy*. ¿Qué dijo que veía el paciente con escisión del cuerpo calloso?

* El experimento original, en inglés, consistía en los siguientes pares de palabras: «*Mary* + *Ann*; *May* + *Come*; *Visit* + *Into*; *The* + *Town*; *Ship* + *Today*». Las dos frases parciales resultantes eran, por tanto: *Mary may visit the ship* (hemisferio derecho) y *Ann come into town today* (hemisferio izquierdo). La frase completa era *Mary Ann may come visit into the township today. (N. de la t.)*

PS: Ana se mete conmigo hoy. *[Responde el hemisferio izquierdo.]*
EXPERIMENTADOR (E): ¿Algo más?
PS: Aquí. *[En este punto interviene el hemisferio derecho.]*
E: ¿Quién?
PS: Yo
E: ¿Qué más?
PS: No compro
E: ¿Qué más?
PS: Nada
E: Ahora repítelo entero
PS: Yo no compro nada a Ana aquí porque se mete conmigo.[23]

PS entrelazaba las palabras después de haberlas emitido. El intérprete recibía la información del hemisferio derecho externamente: no tenía acceso a esa parte del relato hasta que el hemisferio derecho la exponía, el hemisferio izquierdo la oía y el intérprete tenía que afrontar la situación. Una vez más vemos la integración de las conductas dispares en un marco coherente. Se busca el orden en el caos. En este experimento, las conductas que se originaban en el hemisferio derecho se incorporaban al flujo consciente del hemisferio izquierdo y podíamos ver/oír el proceso.

En otro caso proyectamos al hemisferio derecho una imagen de una carretilla de juguete. El hemisferio derecho emitió la palabra *juguete*. En la siguiente conversación, el hemisferio izquierdo, que no vio la imagen, tenía dificultades para explicar por qué había dicho «juguete»:

E: ¿Por qué te viene a la mente la palabra *juguete*?
P: No sé, es lo único que se me ocurre. Lo primero que se me viene a la cabeza.
E: ¿Tiene apariencia de juguete?
P: Sí, me da la sensación de que sí. Es como si me lo dijera una sensación interior.

E: ¿Con qué frecuencia te fías de la sensación interior y con qué frecuencia te fías de la apariencia de las cosas?

P: Si no sé cómo es una cosa al principio, si sé lo que es desde el principio, me fío de eso [...] de lo primero que me viene a la cabeza.

Estos ejemplos nos mostraron claramente que el sistema cognitivo no es una red unificada con un único fin y una única secuencia de pensamiento.

¿Qué supone todo ello en neurociencia?

La neurociencia actual sostiene que la consciencia no constituye un único proceso generalizado. Cada vez parece más evidente que la consciencia conlleva multitud de procesos desunidos y sistemas especializados, ampliamente distribuidos,[24] cuyos resultados se integran de manera dinámica mediante el módulo intérprete. La consciencia es una propiedad emergente. A cada instante, diversos módulos o sistemas compiten por la atención y el ganador emerge como el sistema neuronal que subyace a la experiencia consciente del momento. Nuestra experiencia consciente se configura sobre la marcha, a medida que los hemisferios responden a los estímulos siempre cambiantes, calculan las líneas potenciales de acción y ejecutan respuestas como un niño astuto.

Y así volvemos a la pregunta principal del capítulo: si estamos constituidos por infinidad de módulos, ¿cómo es que nos invade una imperiosa y casi evidente sensación de unicidad? No experimentamos un millar de voces sino una experiencia unificada. La consciencia fluye con facilidad y naturalidad a cada momento con un solo relato unificado y coherente. La unidad psicológica que experimentamos surge del sistema especializado, el llamado «intérpre-

te» que genera explicaciones sobre las percepciones, los recuerdos y las acciones, así como sobre los vínculos entre todos esos elementos.[25] Todo ello conduce a un relato personal, la historia que engarza los aspectos dispares de nuestra experiencia consciente en un todo coherente: el orden en el caos. El módulo del intérprete parece un rasgo exclusivamente humano y una competencia específica del hemisferio izquierdo. El impulso de generar hipótesis es el desencadenante de las creencias humanas que, a su vez, ponen límites al cerebro.

No se advierte a simple vista la naturaleza constructiva de la consciencia. La acción del sistema interpretativo solo es observable cuando engañamos al sistema para que cometa errores evidentes, aportándole solamente un conjunto mermado de estímulos, por lo general en los pacientes con el cuerpo calloso escindido o alguna otra lesión, pero también en los pacientes normales que han recibido informaciones erróneas. Sin embargo, también en el cerebro dañado el sistema nos confiere una sensación de «unicidad». En los pacientes con escisión del cuerpo calloso, hemos descubierto que, aunque el hemisferio izquierdo haya perdido toda consciencia de los procesos mentales gestionados por el hemisferio derecho y viceversa, el paciente no percibe que un lado del cerebro eche de menos al otro. Es como si no tuviéramos conocimiento acerca de aquello a lo que ya no accedemos. El estado consciente emergente proviene de diversos sistemas mentales y, si estos están desconectados o dañados, no existe ningún circuito más profundo del que pueda surgir la propiedad emergente.

Nuestra consciencia subjetiva surge del esfuerzo incesante del hemisferio izquierdo por explicar estos fragmentos de información que han emergido en la consciencia. Obsérvese que empleo el verbo *emerger* en pasado. Se trata de un proceso de racionalización *post hoc*. El intérprete que teje nuestra historia solo teje lo que llega a la consciencia. Como la consciencia es un proceso lento, lo que ha

llegado a ella ya ha ocurrido. Ya es un hecho consumado. Como vimos en la anécdota que relaté al comienzo del capítulo, yo ya había saltado antes de saber si había visto una serpiente o si la hierba susurraba mecida por el viento. ¿Qué significa que construimos nuestras teorías sobre nosotros mismos después del hecho? ¿Cuánto tiempo dedicamos a fabular, a aportar un relato ficticio del presente, a creer en su veracidad?

Este proceso de interpretación *post hoc* tiene consecuencias en lo que respecta a las grandes cuestiones del libre albedrío y el determinismo, la responsabilidad personal y nuestra brújula moral, aspectos que analizaremos en el siguiente capítulo. Al reflexionar sobre estas grandes cuestiones, debemos recordar, *recordar*, RECORDAR siempre que todos estos módulos son sistemas mentales seleccionados a lo largo de la evolución. Los individuos que los poseían tomaron decisiones que permitieron la supervivencia y la reproducción. Y así fueron nuestros antepasados.

Capítulo 4

ABANDONO DEL CONCEPTO DE LIBRE ALBEDRÍO

El intérprete humano nos ha tendido una trampa. Ha creado la ilusión del yo y, con ella, el sentido de que los seres humanos tenemos agentividad y tomamos decisiones «libres» que determinan nuestra acción. En muchos sentidos, se trata de una capacidad magnífica y positiva que poseemos los seres humanos. Con el aumento de la inteligencia y el desarrollo de la capacidad de ver los vínculos más allá de lo inmediatamente perceptible, ¿cuánto podía tardar la especie en preguntarse qué significaba todo aquello, cuál era el significado de la vida? El intérprete aporta la línea argumental y el relato, y todos nos creemos que somos agentes y actuamos en función de nuestro libre albedrío, tomando decisiones importantes. La ilusión es tan profunda que no hay ningún análisis capaz de cambiar la sensación de que actuamos de forma volitiva y deliberada. Lo cierto es que ni siquiera los deterministas y fatalistas más acérrimos creen, en el plano psicológico personal, que sean peones en el ajedrez del cerebro.

Resulta como mínimo difícil pinchar la burbuja ilusoria del yo individual y volitivo. Al igual que nos cuesta creer que el mundo no es plano, a pesar de que lo sabemos, nos resistimos a aceptar que no seamos agentes totalmente libres. Empezamos a entender la ilusión acerca del libre albedrío cuando nos planteamos la siguiente pregunta: ¿de qué quieren liberarse los seres humanos? Y, es más, ¿qué significa el término *libre albedrío*? Independientemente de la causa que origine las acciones, queremos que se lleven a cabo con tino, coherencia y determinación. Cuando cogemos el vaso de agua, no

queremos que de pronto la mano se frote el ojo, ni que apriete tanto el vaso que llegue a romperlo, ni que el agua salga disparada hacia arriba desde el grifo o nos salpique. Queremos que todas las fuerzas físicas y químicas del mundo estén de nuestra parte y atiendan las necesidades del sistema nervioso y somático de manera que todas las tareas se lleven a cabo bien: en definitiva, no queremos liberarnos de las leyes físicas de la naturaleza.

Pensemos en el problema del libre albedrío en un nivel social. Aunque creemos que siempre actuamos libremente, no queremos que ocurra eso con los demás. Esperamos que el taxista nos lleve a nuestro lugar de destino y no a donde él considere que debemos ir. Queremos que los representantes políticos voten sobre las cuestiones futuras tal como hemos supuesto (tal vez erróneamente) que piensan. No nos gusta la idea de que se involucren en tejemanejes cuando los mandamos a Washington (aunque probablemente sea el caso). Deseamos ver signos de fiabilidad en los cargos electos, así como en nuestros familiares y amigos.

Cuando todas las mentes preclaras del pasado abordaron la cuestión del libre albedrío, la cruda realidad de que somos animales grandes pero con atributos únicos, no fue plenamente valorada y aceptada, pero la idea del determinismo contó con más adeptos. Por aquella época, con anterioridad a los sorprendentes avances de la neurociencia, se desconocían las explicaciones de los mecanismos. Hoy se conocen mejor. Hoy sabemos que somos entidades evolucionadas que funcionan como un reloj suizo. Hoy, más que nunca, necesitamos saber dónde nos situamos dentro de la cuestión central de si somos agentes responsables de nuestras acciones. Parece que debería ser así. En pocas palabras: la cuestión no es si somos o no «libres». La cuestión es que no existe ningún motivo científico para exigir responsabilidades a la gente.

Al analizar este asunto, intentaré defender dos tesis.

La primera —que tiene que ver con la naturaleza de la experien-

cia consciente habilitada por el cerebro— es que los seres humanos disfrutamos de estados mentales que se originan en las interacciones neuronales subyacentes, célula a célula. Los estados mentales no existen sin estas interacciones. Al mismo tiempo, no pueden definirse ni entenderse conociendo únicamente las interacciones celulares. Los estados mentales que emergen de las acciones neuronales limitan la misma actividad cerebral que los ha generado. Los estados mentales como las creencias, los pensamientos y los deseos surgen de la actividad cerebral y, a su vez, pueden influir en la decisión de actuar de un modo u otro. En última instancia, tales interacciones solo pueden entenderse con un vocabulario nuevo que capte el hecho de que dos capas diferentes de materia interactúan hasta tal punto que no pueden animarse mediante su existencia individual. Tal como lo formula John Doyle, de Caltech, «[E]l problema se ejemplifica con el *hardware* y el *software:* el *software* depende del *hardware* para funcionar, pero también es más "fundamental" en el sentido de que es lo que le aporta la función. Entonces, ¿qué causa qué? No hay nada misterioso aquí, pero el uso del lenguaje de la "causa" confunde las cosas. Tal vez deberíamos inventar un lenguaje nuevo y apropiado en lugar de seguir recurriendo a las categorías aristotélicas». La comprensión de este nexo y la búsqueda del lenguaje adecuado para describirlo representa, según Doyle, «el problema más complejo y especial de la ciencia».[1] La libertad implícita en la decisión de no comerse el donut de mermelada proviene de una creencia sobre la salud y el peso arraigada en una capa mental que es capaz de engañar al impulso de comerse el donut por su sabor exquisito. El impulso ascendente a veces resulta derrotado por una creencia descendente en la batalla por emprender una acción. Y, sin embargo, la capa superior no funciona en solitario o sin la participación de la capa inferior.

El segundo punto gira en torno a cómo pensar el concepto de responsabilidad personal en un mundo social y mecanicista. Es un

hecho que todos los sistemas en red, sociales o mecánicos, necesitan que alguien asuma la responsabilidad para funcionar. En las sociedades humanas, se entiende que los miembros de un grupo social poseen responsabilidad personal. Ahora bien, ¿la responsabilidad personal es un mecanismo que radica en el cerebro individual o su existencia depende de la presencia de un grupo social? Alternativamente, ¿el concepto solo tiene significado cuando se evalúan las acciones dentro de un grupo social? Si hubiera una sola persona en el mundo, ¿tendría significado el concepto de la responsabilidad personal? A mi modo de ver, no, y en esa verdad se advierte que el concepto es totalmente dependiente de las interacciones sociales, las normas de compromiso social. No es algo que radique en el cerebro. Por supuesto, algunos conceptos que carecerían de significado si no hubiera nadie en nuestro entorno no dependen totalmente de las normas o interacciones sociales. Si hubiera una única persona, sería absurdo decir que es la persona más alta o que es más alta que cualquier otra, pero el concepto de «más alto» no depende totalmente de las normas sociales.

Conviene señalar que todo esto parece una disertación intelectual y académica un tanto descabellada. Cuando voy a un restaurante y elijo lo que voy a comer, creo que estoy tomando una decisión libre. O cuando suena el despertador por la mañana, puedo levantarme para hacer ejercicio o seguir durmiendo. Soy yo quien lo decide. Por otro lado, puedo entrar en una tienda y no esconderme nada en el bolsillo sin pagarlo. En la filosofía tradicional, el libre albedrío es la creencia de que la conducta humana es una expresión de la libertad personal que no viene determinada por fuerzas físicas, el destino o dios. Es el individuo quien tiene la última palabra. USTED, un yo con un centro de mando, es quien manda, está a salvo de la causalidad y hace cosas. Puede permanecer al margen del control, la coacción, la compulsión, el engaño y la falta interior de limitaciones sobre sus actos. Sin embargo, como vimos en el capítulo

anterior, la perspectiva moderna establece que el cerebro habilita la mente y que USTED es su cerebro ampliamente paralelo y distribuido sin ningún centro de mando. No hay ningún espíritu en la máquina, ninguna sustancia secreta que sea USTED. Ese USTED del que usted está tan orgulloso es un relato urdido por su módulo intérprete para explicar todos los aspectos de su conducta que es capaz de abarcar y niega o racionaliza el resto.

Hemos visto que nuestra funcionalidad es automática: durante todo el día percibimos, respiramos, creamos glóbulos sanguíneos y digerimos constantemente sin pensar en ello. También nos comportamos de forma automática en otros sentidos: nos asociamos, compartimos la comida con nuestros hijos y nos alejamos del dolor. Los seres humanos también creemos automáticamente ciertas cosas: creemos que el incesto no está bien y que las flores no dan miedo. La capacidad narrativa del intérprete del hemisferio izquierdo es uno de los procesos automáticos y crea la ilusión de unidad o determinación, un fenómeno *post hoc.* ¿Significa eso que nos dejamos llevar, que navegamos con el piloto automático? ¿Toda nuestra vida y todo lo que hacemos o pensamos está determinado? ¡Cielos! Como ya he señalado, con todo lo que sabemos acerca del funcionamiento del cerebro, parece que debemos reconsiderar la cuestión acerca del significado del libre albedrío. Ahora bien, veamos primero de qué estamos hablando.

LAS LEYES UNIVERSALES DE NEWTON Y MI CASA

En 1975, tal vez sin sopesar suficientemente mi decisión, decidí construirme una casa y acometí la labor. Nótese que no he dicho que decidiera encargar la construcción de la casa, cosa que tal vez habría dado mejores resultados. Durante años se burlaron de mí, porque, si ponemos una pelota en el suelo de mi salón, rueda sin

que nadie la empuje por el comedor hasta la cocina. Se observan otros fenómenos similares en la encimera. Las personas a las que les molestaba la falta de rectitud de las líneas también hacían algunos comentarios acerca de las ventanas de la fachada. Mi casa era una casa que habría hecho las delicias de un físico, porque no solo ilustraba las leyes del movimiento de Newton y algunos principios de la teoría del caos sino que además daba risa porque estaba construida por un biólogo, un científico, alguien que se sentía cómodo con las medidas inexactas y que, a todas luces, no era ingeniero.

En primer lugar, mi casa demostraba un principio básico de la ciencia experimental: ninguna medida real es infinitamente exacta, pues siempre incluye cierto grado de incertidumbre en el valor, cierto margen de flexibilidad. La incertidumbre está presente porque, por muy exacto que sea un instrumento de medición, tiene una precisión y, por tanto, cierto grado de imprecisión, que no puede eliminarse por completo ni siquiera como idea teórica. De hecho, en algunos casos, el propio acto de medición puede cambiar el resultado. Los físicos lo saben, pero es algo que no les gusta nada. Por ello inventan aparatos de medición cada vez más precisos, esos que yo debería haber utilizado. Reconozco que en la construcción de mi casa hubo desde el principio algunas mediciones imprecisas. Aunque los físicos dirán que sí, que por muy deplorable que sea, siempre cabe esperar cierta imprecisión, mi yerno, que es contratista, pondría el grito en el cielo. Y también Isaac Newton, porque, gracias a este científico del siglo XVII, los físicos durante doscientos años pensaron que sería posible alcanzar la medición perfecta, de forma que todo encajase perfectamente en su lugar. Inserte un número al principio de una ecuación y siempre recibirá la misma respuesta al final.

Newton no era nada vago en sus tiempos estudiantiles. Cuando estaba matriculado en la Universidad de Cambridge, se declaró una epidemia de peste y se suspendieron las clases durante dos años. En lugar de quedarse junto a la chimenea leyendo novelas (posiblemen-

te a Chaucer), jugar al billar o beber cerveza para pasar el rato hasta que se reanudaran los estudios, leyó a Galileo y a Kepler e inventó el cálculo. Resultó ser algo muy positivo, porque le fue sumamente útil unos años después. El astrónomo italiano Galileo Galilei, que había muerto en 1643, el mismo año en que nació Newton, era un hombre muy pragmático. En lugar de disertar sobre cómo pensaba que estaba construido el universo (el modus operandi de Platón), decidió respaldar sus ideas y observaciones con mediciones y cálculos matemáticos. Fue Galileo quien tuvo la gran idea de que los objetos conservan su velocidad y trayectoria recta hasta que una fuerza (a menudo la fricción) incide sobre ellos, frente a la hipótesis de Aristóteles según la cual los objetos naturalmente se ralentizan y paran salvo que una fuerza actúe sobre ellos para seguir impulsándolos. También se le ocurrió la idea de la inercia (la resistencia natural de un objeto a los cambios en movimiento) e identificó la fricción como una fuerza.

Newton aunó todas estas ideas en un solo corpus ordenado. Después de examinar las observaciones experimentales y los datos de Galileo, Newton formuló las leyes del movimiento de Galileo como ecuaciones algebraicas y observó que dichas ecuaciones también describían las observaciones de Kepler sobre el movimiento planetario. Esto no se le había ocurrido a Galileo. Newton tuvo la idea de que la materia física del *universo* —ese todo potencial— respondía a un conjunto de leyes fijas cognoscibles, las relaciones matemáticas que acababa de formular. Sus tres leyes del movimiento, que rigen la trayectoria de una pelota en mi salón, han resistido más de tres siglos de experimentación y aplicación práctica, desde los relojes hasta los rascacielos. Sin embargo, convulsionó el mundo con sus leyes, no solo los círculos consagrados de la física. ¿Cómo pudo causar tanto revuelo, podríamos preguntar, un hombre que se dedicó a jugar con el cálculo, los datos de Galileo y las manzanas? A mí, al menos, la clase de física no me provocaba ninguna crisis existencial.

Determinismo

Si se abordase el tema del determinismo a la hora de comer, saldrían a relucir Newton y sus leyes universales, aunque la idea ya flotaba en el ambiente desde los tiempos de los curiosos griegos. Newton redujo las maquinaciones del universo a un conjunto de fórmulas matemáticas. Si las maquinaciones del universo se rigen por un conjunto de leyes determinadas, todo está determinado desde el principio. Como ya he señalado anteriormente, el determinismo es la creencia filosófica de que todos los acontecimientos o acciones actuales y futuras, incluidas las decisiones, la conducta y la cognición humanas, vienen motivados *causalmente* por los acontecimientos anteriores combinados con las leyes de la naturaleza. Por tanto, el corolario es que todo acontecimiento, acción, etcétera está predeterminado y puede predecirse si se conocen todos los parámetros. Las leyes de Newton también funcionan a la inversa. Esto significa que el tiempo carece de dirección, de manera que se puede conocer el pasado de algo a partir de la observación de su estado presente. (Como si la cuestión del libre albedrío y el determinismo no fueran suficientemente abrumadoras, algunos filósofos y físicos serios creen que el tiempo no existe. La tesis es que también es una ilusión. Todo ello se desarrolla ante el telón de fondo fenomenológico de que los seres humanos se sienten libres en tiempo real.) Los deterministas sostienen que el universo, al igual que todo lo que hay en él, está absolutamente regido por leyes causales. ¿Es que se les ha disparado el hemisferio izquierdo y lo domina todo? Cuando hagamos acopio de otros conocimientos físicos, volveremos a esta idea de la causalidad.

Actualmente las ramificaciones de esta idea son inquietantes para casi todo el mundo. Si el universo y todo lo que contiene se rigen por leyes predeterminadas, la consecuencia es que los individuos no son personalmente responsables de sus actos. Vamos, anímate, cómete la tarta de chocolate: estás predestinado desde hace

dos mil millones de años. ¿Has copiado en el examen? No es algo que tú puedas controlar, así que ¡adelante! ¿Te llevas mal con tu marido? Envenénalo y di que el universo te indujo a hacerlo. Esto es lo que causó una gran conmoción cuando Newton presentó sus leyes universales. Denomino este planteamiento la «perspectiva funesta», pero muchos científicos y deterministas consideran que las cosas son así. Los demás no lo creemos. «¡El universo me ha obligado a comprar ese vestido!» o «¡El universo me hizo comprar ese Boxster!»* son planteamientos que no cuelan siquiera en una conversación de sobremesa. Sin embargo, ¿no debería ser ese el planteamiento si fuéramos neurocientíficos lógicos?

¿Un mundo post hoc?

Aceptamos la idea de que el cuerpo actúa en función de sistemas automáticos que se rigen por leyes deterministas. Afortunadamente no es necesario aplicar la consciencia para digerir la comida, mantener el corazón en movimiento u oxigenar los pulmones. Sin embargo, por lo que respecta a los pensamientos y actos, no nos gusta considerar que son inconscientes o que se rigen por un conjunto de leyes predeterminadas, pero el hecho ineludible y demostrable experimentalmente es que las acciones ya se han acabado antes de que el cerebro sea consciente de ellas. El sistema interpretativo del hemisferio izquierdo es lo que impulsa el retroceso de la consciencia en el tiempo para explicar la causa de la acción. El intérprete siempre pregunta y responde la cuestión de «¿por qué?». Hakwan Lau, que ahora trabaja en la Universidad de Columbia, ha abordado esta errónea percepción temporal en el cerebro. Mediante la técnica de

* Parafraseando el famoso disco de Flip Wilson *The Devil Made Me Buy That Dress!*

la estimulación magnética transcraneal (EMT) intentó probar o falsar si el control consciente de las acciones era ilusorio o real.

La EMT hace lo que su propio nombre indica. Se colocan unas bobinas de alambre revestido de plástico en la parte exterior de la cabeza. Al activarse, se crea un campo magnético que traspasa el cráneo e induce una corriente en el cerebro que activa localmente las células nerviosas. Esto puede aplicarse a determinadas células o a un área en general y, por tanto, se pueden estudiar las funciones y conexiones de las diversas partes del cerebro. También es posible inhibir la actividad de ciertas partes del cerebro con el fin de estudiar qué hace una determinada zona cuando se desconecta de los procesos de las demás áreas. El área del córtex frontal denominada área motora suplementaria (AMS) participa en la planificación de las acciones motoras que son secuencias de acciones ejecutadas de memoria, como la interpretación de un preludio para piano previamente memorizado. El área motora presuplementaria (AMPS) es la que participa en la adquisición de nuevas secuencias. Lau sabía, por los trabajos de otros investigadores, que la estimulación del córtex frontal medio despierta el impulso de moverse[2] y que las lesiones en esta área en los monos macacos erradican los movimientos iniciados por ellos mismos.[3] Lau también había observado anteriormente que esta área se activa cuando los sujetos generan acciones de libre elección.[4] Así, por tanto, le interesaba analizar más a fondo el área motora presuplementaria. Observó que, cuando se aplica la EMT sobre el AMPS *tras* la ejecución de un acto espontáneo, el comienzo *percibido* de la *intención* de actuar, el momento en el que uno es consciente de que pretende actuar, *se adelanta* en el mapa temporal,* y el tiempo *percibido* de la *acción* actual, el momento en el que uno es consciente de que actúa, *se pospone* en el tiempo.[5] A mi modo de

* Los mapas cerebrales son las representaciones neuronales del mundo. Una de ellas corresponde al tiempo, el mapa temporal.

ver, lo que ha observado es la intervención del módulo intérprete.

Aunque parezca descabellada la idea de que existe un mapa temporal en el que se representan las intenciones y los actos no necesariamente como ocurrieron, se trata de algo que sucede todo el tiempo. Pensemos en el instante en el que nos golpeamos el dedo con un martillo y lo apartamos. Su explicación será que se ha hecho daño con el martillo y por eso ha apartado el dedo. En realidad, alejamos el dedo antes de sentir el dolor. Tardamos unos segundos en percibir el dolor, en ser conscientes de él, y para entonces ya hace rato que el dedo ha escapado. Lo que sucede es que los receptores del dolor en el dedo envían una señal nerviosa a la médula espinal e inmediatamente se devuelve al dedo una señal a través de los nervios motores, provocando la contracción y el alejamiento de los músculos sin implicar al cerebro en una acción reflexiva. Primero se produce el movimiento. El receptor del dolor también envía la señal al cerebro. Solo después de que el cerebro procese la señal y la interprete como dolor, uno es consciente de dicho dolor. La consciencia requiere tiempo y no es la consciencia del dolor seguida de una decisión consciente lo que provoca el movimiento del dedo sino que ese movimiento es un reflejo automático. La señal que produce la consciencia de dolor se origina en el cerebro después del golpe y se transmite al dedo, pero el dedo ya se ha movido para entonces. El intérprete tiene que aunar todos los hechos observables (el dolor y el movimiento del dedo) en un relato coherente para responder a la pregunta de «¿por qué?». Tiene sentido que hayamos movido el dedo a causa del dolor y, por tanto, el intérprete amaña la temporalidad de los hechos. En suma, el intérprete propicia que el relato encaje con la idea autocomplaciente de que uno llevó a cabo la acción de forma deliberada.

La creencia de que tenemos libre albedrío está muy arraigada en nuestra cultura y se refuerza con el hecho de que las personas y las sociedades se comportan mejor cuando creen que así funcionan las

cosas. ¿Es una creencia, un estado mental, que limita el cerebro? Kathleen Vohs, profesora de Psicología de la Carlson School of Management de Minnesota, y Jonathan Schooler,[6] profesor de Psicología de la Universidad de California en Santa Bárbara, mediante un ingenioso experimento han demostrado que la gente actúa mejor cuando cree que tiene libre albedrío. Tras analizar una encuesta efectuada en 36 países, donde se observaba que más del 70 por ciento de los encuestados se consideraban dueños de su propia vida, y otros estudios donde se demuestra que la transformación del sentido de la responsabilidad del individuo puede alterar su conducta,[7] Vohs y Schooler decidieron comprobar empíricamente si la gente trabaja mejor cuando cree que tiene la libertad de elegir sus actos. Distribuyeron a un grupo de alumnos universitarios un fragmento del libro de Francis Crick *Qué loco propósito* que tiene una tendencia determinista, para que lo leyeran antes de someterse a un test informatizado. Les dijeron que había un problema técnico en el *software* y que la respuesta a cada pregunta aparecería automáticamente. Les indicaron que tenían que pulsar una tecla para impedir que esto ocurriera y les pidieron expresamente que la pulsaran, de manera que así se requería un esfuerzo adicional para no hacer trampa. Otro grupo de estudiantes leyó un libro animoso sobre una actitud positiva ante la vida y también se sometió al test. ¿Qué ocurrió? Los estudiantes que leyeron el texto sobre el determinismo hicieron trampa, cosa que no ocurrió en el caso de los que habían leído el libro sobre la actitud positiva. En suma, un estado mental influyó en otro estado mental. Vohs y Schooler sugirieron que la incredulidad en cuanto al libre albedrío genera la sutil indicación de que el esfuerzo es inútil y, por tanto, autoriza a no tomarse la molestia.

La gente prefiere no tomarse la molestia, en forma de autocontrol, porque es algo que requiere esfuerzo y consume energía.[8] Otras investigaciones desarrolladas en esta línea por los psicólogos sociales Roy Baumeister, E. J. Masicampo y C. Nathan DeWall, de la Uni-

versidad del Estado de Florida, han puesto de manifiesto que la lectura de fragmentos deterministas incrementa las tendencias de los sujetos a actuar con agresividad y a ser menos amables con las personas de su entorno.[9] Estos investigadores sugieren que la creencia en el libre albedrío puede ser crucial para inducir el control de los impulsos automáticos de actuación egoísta y que se requiere una cantidad significativa de autocontrol y energía mental para anular los impulsos egoístas y limitar los impulsos agresivos. El estado mental que sustenta la idea de la acción voluntaria tiene un efecto en la decisión posterior de actuar. Así pues, parece que no solo creemos que controlamos nuestros actos sino que es bueno para todos mantener dicha creencia.

Sin embargo, en el ámbito académico, los deterministas han cuestionado durante los últimos siglos la idea del libre albedrío. En el siglo XVI, Copérnico trastocó el orden establecido al declarar que la Tierra no era el centro del universo y así lo corroboraron Galileo y Newton. Posteriormente, René Descartes, aunque defendía una postura dualista, defendió que las funciones corporales se regían por reglas biológicas; Charles Darwin expuso su teoría evolutiva de la selección natural, y Sigmund Freud potenció el mundo inconsciente. Estas ideas, que en conjunto aportaron abundante munición procedente del mundo biológico, se reforzaron con la teoría de la relatividad de Einstein y las creencias en un mundo estrictamente determinista. Por si fuera poco, llegó la neurociencia con todo tipo de descubrimientos que siguen apuntando en esa misma dirección. La tesis subyacente es que el libre albedrío es un comentario jocoso. Y en cuanto nos percatamos de que el epicentro de tales ideas es el departamento de física —al fin y al cabo, fueron ellos quienes nos metieron en este lío—, en ese sector niegan dicha tesis y desaparecen por la puerta de atrás, junto con muchos biólogos, sociólogos y economistas. Los que permanecen en el bando determinista «duro» son los neurocientíficos y Richard Dawkins, quien declara: «Pero

¿acaso una perspectiva verdaderamente científica y mecanicista del sistema nervioso no da al traste con la misma idea de la responsabilidad?».[10] ¿Qué ha ocurrido? ¿Por qué está en entredicho el manual de referencia del determinismo?

El vergonzoso secreto de la física

Mi yerno diría que la causa de que la pelota ruede por el suelo de mi casa es que el suelo no está nivelado. Entonces mi nieto de tres años preguntaría que por qué no está nivelado. Tanto Newton como mi yerno dirían que yo me equivoqué al medir y señalarían que, si mis mediciones iniciales hubieran sido más precisas, el suelo estaría nivelado. Para defenderme podría afirmar que, dado que existe incertidumbre en toda medición, las condiciones iniciales no podían medirse con absoluta exactitud. Si la medición inicial es incierta, los resultados derivados de dicha medición son también inciertos. Quizá mi suelo esté nivelado o quizá no. Pero Newton habría discrepado. Hasta 1900, cuando un inoportuno francés trastocó las cosas, los físicos suponían que, al lograr mediciones cada vez más precisas, las incertidumbres de las predicciones serían cada vez menores, de manera que era teóricamente posible obtener predicciones casi perfectas de la conducta de cualquier sistema físico. Por supuesto, Newton había tenido razón en cuanto al universo físico que corresponde a mi suelo, pero, como de costumbre, las cosas no son tan sencillas.

La teoría del caos

Jules Henri Poincaré, matemático y físico francés, puso una pequeña pega cuando en 1900 hizo una gran aportación a lo que había

dado en llamarse «el problema de los tres cuerpos» o «el problema de los *n*-cuerpos» que intrigaba a los matemáticos desde tiempos de Newton. Las leyes de Newton aplicadas al movimiento de los planetas eran totalmente deterministas, de tal manera que, si se conocía la posición inicial y la velocidad de los planetas, se podía determinar con exactitud su posición y velocidad en el futuro (o en el pasado). El problema era que la medición inicial, aunque se hiciera con sumo cuidado, no era infinitamente precisa sino que tenía un pequeño grado de error. Esto no les preocupaba gran cosa, porque pensaban que cuanto menor fuera la imprecisión de la medición inicial, menor sería la imprecisión de la respuesta predicha.

Poincaré observó que, si bien los sistemas astronómicos simples se rigen por la regla de que la reducción de la incertidumbre inicial siempre reduce la incertidumbre de la predicción final, no ocurre lo mismo con los sistemas astronómicos constituidos por tres o más cuerpos orbitantes con interacciones entre los tres. *Au contraire!* Observó que una minúscula diferencia en la medición inicial con el tiempo se incrementaba a gran velocidad, produciendo resultados sustancialmente distintos, desproporcionados con respecto a lo que cabía esperar matemáticamente. Concluyó que el único modo de obtener predicciones exactas en estos sistemas complejos de tres o más cuerpos astronómicos consistía en tener mediciones absolutamente precisas de las condiciones iniciales, algo de por sí imposible. En caso contrario, cualquier minúscula desviación respecto de una medición absolutamente precisa daría lugar, a lo largo del tiempo, a una predicción determinista con una incertidumbre apenas menor que si la predicción se hubiera hecho de forma aleatoria. En estos tipos de sistemas, hoy llamados *sistemas caóticos*, la extrema sensibilidad de las condiciones iniciales se denomina *inestabilidad dinámica* o *caos* y las predicciones matemáticas a largo plazo no son más precisas que la probabilidad aleatoria. Así pues, en un sistema caótico el problema consiste en la imposibilidad, al menos teórica, de

utilizar las leyes de la física para hacer predicciones precisas a largo plazo. No obstante, el trabajo de Poincaré permaneció en la sombra durante muchas décadas hasta que atrajo la curiosidad de un meteorólogo.

Durante los años cincuenta, el matemático y meteorólogo Edward Lorenz no estaba satisfecho con los modelos utilizados para la predicción del tiempo atmosférico (más de una vez debieron de culparlo de haber arruinado meriendas campestres). El tiempo depende de una serie de factores como la temperatura, la humedad, la corriente de aire, etcétera, que hasta cierto punto son interdependientes pero no lineales, es decir, no son directamente proporcionales entre sí. Sin embargo, los modelos que se utilizaban eran lineales. Durante los años siguientes recopiló datos y empezó a ordenarlos. Desarrolló un programa de *software* matemático (que incluía doce ecuaciones diferenciales) para estudiar un modelo de cómo se eleva y desciende una corriente de aire con el calor del sol. Un día, después de obtener algunos resultados iniciales con este programa, decidió ampliar los cálculos. Como corría el año 1961, su ordenador no solo era pesado (340 kg) sino muy lento. Tomó la decisión de reiniciar el programa hacia la mitad de los cálculos para ahorrar tiempo y, gracias a esta casual impaciencia y a su cerebro perceptivo, pasó a la historia. Después de introducir los datos que la máquina había calculado en ese punto medio de la ejecución anterior, se fue a tomar un café mientras el ordenador proseguía con las operaciones.

Lorenz esperaba obtener el mismo resultado de la última vez, pues, al fin y al cabo, el código informático es determinista. Cuando volvió con el café, los resultados eran totalmente diferentes. Seguramente exasperado, al principio pensó que había un problema con el *hardware*, pero al final comprobó que, en lugar de introducir el número original, 0,506127, lo había redondeado al tercer decimal y solo había escrito 0,506. Como los sistemas caóticos de Poincaré no

habían visto la luz del sol durante más de medio siglo, una diferencia tan pequeña se consideraba insignificante. Sin embargo, para este sistema, un sistema complejo con múltiples variables, no lo era. Lorenz había redescubierto la teoría del caos.

Hoy se considera que el tiempo meteorológico es un sistema caótico. Las predicciones a largo plazo no son factibles porque existen demasiadas variables imposibles de medir con cierto grado de precisión y, aunque fuera posible medirlas, la más mínima inexactitud en las mediciones iniciales provocaría una tremenda variación en el resultado final. En 1972 Lorenz dio una conferencia en la que puso de manifiesto cómo las incertidumbres superaban cualquier cálculo y frustraban las predicciones a largo plazo. Esta conferencia, con el título: «Predictabilidad: ¿el aleteo de una mariposa en Brasil provoca un tornado en Texas?», engendró el término *efecto mariposa*[11] además de atraer la imaginación y avivar el fuego de los deterministas. El caos no significa que el sistema se comporte de manera aleatoria, sino que es impredecible porque tiene muchas variables, es complejo y demasiado difícil de medir y, aunque fuera posible medirlo, teóricamente la medición no podría hacerse con exactitud y la más mínima imprecisión alteraría en gran medida el resultado final. Para los deterministas, esto significa que el tiempo atmosférico es un gran sistema con múltiples variables, pero sigue una conducta determinista hasta el punto de que algo tan insignificante como el aleteo de una mariposa puede influir en él.

El tiempo meteorológico es un sistema inestable que dista mucho del equilibrio termodinámico, como sucede con la mayor parte de los sistemas de la naturaleza. Estos tipos de sistemas han llamado la atención del físico químico Ilya Prigogine. De niño, a Prigogine le atraían la arqueología y la música, y posteriormente, cuando estudiaba en la universidad, se interesó por la ciencia. La confluencia de estos intereses llevó a Prigogine a cuestionar la física newtoniana, que trataba el tiempo como un proceso reversible. Esto le parecía un

poco absurdo a alguien que se había interesado por temas donde el tiempo avanza en una sola dirección. Aunque la meteorología representaba un problema para la física newtoniana porque es irreversible, a Prigogine le interesó. Denominó «sistemas disipativos» a estos tipos de sistemas y, en 1977, obtuvo el Premio Nobel de química por su trabajo pionero en este campo. Los sistemas disipativos no existen en el vacío sino que son sistemas abiertos desde el punto de vista termodinámico y existen en un entorno donde comparten constantemente materia y energía con otros sistemas. Los huracanes y los ciclones son sistemas disipativos. Se caracterizan por la aparición espontánea de la ruptura de la simetría (*emergencia*) y la formación de estructuras complejas. La ruptura de la simetría es el momento en el que las pequeñas fluctuaciones que inciden en un sistema atraviesan un punto crítico y determinan cuál será el resultado que finalmente ocurra, de los múltiples escenarios probables. Un ejemplo conocido es una pelota colocada en la cima de una montaña simétrica, donde cualquier perturbación puede causar que la pelota ruede en cualquier dirección, rompiendo por tanto la simetría y causando un resultado concreto. Dentro de un instante volveremos a esta idea de la emergencia de los sistemas complejos.

Ahora entendemos por qué las predicciones meteorológicas solo pueden ser precisas a corto plazo. A largo plazo la predicción es una mera conjetura, aunque se utilicen los mejores ordenadores. ¿No se ha dicho siempre que solo los tontos predicen el tiempo? Y aunque la meteorología es tradicionalmente uno de los temas de conversación más socorridos, puede que ya no lo sea tanto en algunas sobremesas. Si la presencia de los sistemas caóticos en la naturaleza, la pequeña pega de Poincaré, limita nuestra capacidad de hacer predicciones exactas con algún grado de certeza mediante las leyes físicas deterministas, supone un dilema para los físicos. Implica que *o* la aleatoriedad acecha en el núcleo de todo modelo determinista del universo *o* que nunca seremos capaces de demostrar que las leyes

deterministas rigen los sistemas complejos. Debido a este hecho, algunos físicos se rascan la cabeza y piensan que es absurdo afirmar que el universo es determinista en su conducta. Quizá en su casa ello no sea un gran problema, pero imagine que asiste a una comida con... en fin, pongamos que con Don Determinismo en persona, Baruch Spinoza, que decía: «No existe en la mente un libre albedrío absoluto, puesto que la mente está determinada para desear esto o aquello por una causa que a su vez viene determinada por otra causa y esta por otra y así hasta el infinito». O con Albert Einstein, que decía: «Descreo rotundamente de la libertad humana en el sentido filosófico. Todo el mundo actúa no solo por una compulsión externa sino también en consonancia con la necesidad interna». Si añadimos unos cuantos físicos al cónclave, la comida no le sentará demasiado bien. Einstein entabló sus propias batallas deterministas centradas en la mecánica cuántica.

La mecánica cuántica alborotó el avispero

Durante las cinco décadas en que la teoría del caos se fue gestando en silencio, la mecánica cuántica pasó al primer plano y la mayor parte de los físicos se centró en lo microscópico: átomos, moléculas y partículas subatómicas, no en la pelota de mi salón ni en el cielo de Poincaré. Sus descubrimientos hicieron entrar en barrena al mundo de la física. Después de tres siglos, cuando todo el mundo asumía con satisfacción que las leyes de Newton eran totalmente universales, se descubrió que los átomos no obedecían a las llamadas leyes universales del movimiento. ¿Cómo pueden ser fundamentales las leyes de Newton sobre la materia que constituye los objetos, es decir, los átomos, si no obedece a las mismas leyes que los objetos en sí? Como señaló en una ocasión Richard Feynman, las excepciones confirman que la regla es... errónea.[12] ¿Y ahora qué ocurría? Los

átomos, las moléculas y las partículas subatómicas no actúan como la pelota en mi salón. De hecho, no hay siquiera esferas sino ondas. ¡Unas ondas de nada! Las partículas son paquetes de energía con propiedades ondulatorias.

En el mundo cuántico hay una materia descabellada. Por ejemplo, los fotones carecen de masa pero tienen momento angular. La teoría cuántica se ha desarrollado para explicar por qué se mantiene en su órbita un electrón, algo que no se explica por las leyes de Newton ni por las leyes de Maxwell del electromagnetismo clásico. Se han logrado describir partículas y átomos de moléculas y esos resultados han contribuido a crear transistores y láseres, pero persiste un problema filosófico en la mecánica cuántica. La ecuación de Schrodinger, que describe de un modo determinista que la función ondular cambia con el tiempo (y es reversible), no puede predecir el punto en el que se encuentra el electrón en su órbita en un determinado estado temporal: eso es una probabilidad. Si se mide la posición, el acto de medición distorsiona el valor que habría tenido si no se hubiera medido. Esto es así porque algunos pares de propiedades físicas están tan interrelacionados que no se pueden conocer con exactitud al mismo tiempo: cuanto mayor es la exactitud con la que se conoce una propiedad (al medirla), menor es la exactitud con la que se conoce la otra. En el caso del electrón en la órbita, las propiedades asociadas son la posición y el momento. Si se mide la posición, cambia el momento y viceversa. El físico teórico Werner Heisenberg lo formuló como el principio de incertidumbre. Y la incertidumbre no era una idea afortunada para los físicos y sus postulados deterministas, puesto que los obligaba a adoptar un modo de pensamiento diferente. Hace más de medio siglo, Niels Bohr, en las Conferencias Gifford que pronunció entre 1948 y 1950, y ya con anterioridad en un artículo de 1937, puso freno al determinismo cuando afirmó: «Se impone la renuncia al ideal de la causalidad en la física atómica»[13] y Heisenberg fue aún más lejos cuando declaró:

«Creo que el indeterminismo es necesario y no solo posible de modo coherente».[14]

Otro problema peliagudo es la cuestión del tiempo y la causalidad. El tiempo y la semántica son dos pesadillas que se presentan cuando uno reflexiona sobre la causalidad. Cuando se emplea la palabra causa de modo temerario y a lo loco, se puede acabar en una infinita regresión de preguntas y respuestas, como si nos entrevistara un niño de dos años que acaba de aprender a preguntar: «¿Por qué?». En esta regresión de porqués, como apuntan muchos deterministas y reduccionistas, se llega a los átomos y a las partículas subatómicas. Pero se presenta un problema fundamental, tal como explica el teórico de sistemas Howard Pattee, catedrático emérito de la Universidad del Estado de Nueva York en Binghamton:

> [L]as ecuaciones microscópicas de la física son simétricas en el tiempo y, por tanto, conceptualmente reversibles. En consecuencia, el concepto irreversible de la causalidad no puede sostenerse formalmente en las leyes microfísicas y, si se emplea, es en una mera interpretación lingüística subjetiva de las leyes. [...] Debido a esta simetría temporal, los sistemas descritos por la dinámica reversible no pueden generar formalmente (sintácticamente) propiedades intrínsecas irreversibles como la medición, los registros, las memorias, los controles o las causas. [...] Por tanto, ningún concepto de causalidad, sobre todo una causalidad descendente, puede tener un valor explicativo fundamental en el plano de las leyes físicas microscópicas.[15]

Y, por lo que respecta al problema semántico, Pattee añade: «[L]os conceptos de causalidad tienen significados totalmente diferentes en los modelos estadísticos y deterministas», y aporta un ejemplo. Si preguntamos: «¿Cuál es la causa de la temperatura?», un determinista asumirá que la causa se refiere a un acontecimiento microscópico y dirá que radica en las moléculas que intercambian su energía cinética mediante colisiones, pero el observador escéptico

se rascará la cabeza y observará que el dispositivo de medición calcula el promedio de este intercambio y no mide las condiciones iniciales de todas las moléculas y que, por tanto, ese promedio, señor (o señora), es un proceso estadístico. Un promedio no es observable en un modelo determinista microscópico. Nos hallamos ante una suma de peras y manzanas. Pattee reconviene a quienes defienden un modelo sobre el otro y respalda la idea de que los dos son complementarios y se necesitan mutuamente.

> Empleo aquí el adjetivo complementario en el sentido de la irreductibilidad lógica de Boltzmann y Bohr. Es decir, los modelos complementarios son formalmente incompatibles pero ambos necesarios. Un modelo no puede derivarse del otro ni reducirse al otro. La probabilidad no puede derivarse de la necesidad, ni la necesidad de la probabilidad, sino que ambos conceptos son necesarios. [...] Por ello nuestro concepto de causa determinista difiere de nuestro concepto de causa estadística. El determinismo y la probabilidad surgen de dos modelos del mundo formalmente complementarios. Tampoco deberíamos malgastar el tiempo discutiendo si el mundo en sí es determinista o estocástico, puesto que esta es una cuestión metafísica que no se puede dirimir por medios empíricos.

Al ser catedrático emérito, uno puede permitirse el lujo de hacer callar a todo el mundo.

Por supuesto, muchos deterministas ansían señalar que la cadena de causas establecidas por el determinismo es una cadena de *acontecimientos*, no de partículas, por lo que nunca llega a los átomos ni a las partículas subatómicas. En cambio, se retrotrae al big bang. En términos aristotélicos, la cadena es una serie de causas eficientes, no de causas materiales.

Emergencia

Con suficiencia le digo a mi yerno que el suelo no afecta a los átomos de la pelota. Lamentablemente, es un lector voraz, una mente curiosa e insaciable. Me dice que las leyes de Newton solo fallan en el nivel del átomo, uno de los escollos con que se topan los físicos en sus instrumentos de supermedición. «No estamos hablando de átomos, sino de pelotas. Tú te refieres a un nivel distinto de organización que aquí no viene al caso.» El sabihondo saca el tema de la emergencia. La emergencia se da cuando los sistemas complejos del micronivel que distan mucho del equilibrio (permitiendo así la amplificación de los acontecimientos aleatorios) se autoorganizan (conducta creativa, autogenerada, orientada a la adaptabilidad) en nuevas estructuras, con nuevas propiedades que anteriormente no existían, para formar un nuevo nivel de organización en el macronivel.[16] Hay dos escuelas de pensamiento en lo que respecta a la emergencia. En la *emergencia débil*, las nuevas propiedades surgen como consecuencia de las interacciones en un nivel elemental y la propiedad emergente es reducible a sus componentes individuales, es decir, se pueden averiguar los pasos seguidos de un nivel a otro, lo que constituye la perspectiva determinista. En cambio, en la *emergencia fuerte* la nueva propiedad es irreductible, es más que la suma de las partes y, debido a la amplificación de los acontecimientos aleatorios, no pueden predecirse las leyes mediante una teoría fundamental subyacente ni desde la comprensión de las leyes de otro nivel de organización. Este es el escollo con el que se toparon los físicos, una idea inexplicable que no les hizo mucha gracia (ni a ellos ni a los intérpretes de sus hemisferios izquierdos), pero muchos han llegado a aceptar que las cosas son así. Sin embargo, a Ilya Prigogine sí le alegró una cosa. Podía identificar la «flecha del tiempo» como una propiedad emergente que aparece en un macronivel organizacional superior. El tiempo es tan importante en el macronivel como evidente en los

sistemas biológicos. La emergencia no se aplica únicamente a la física sino a todos los sistemas organizados: las ciudades emergen de los ladrillos, pero ¿de qué emerge la beatlemanía? La clasificación de una propiedad como emergente no la explica ni indica de dónde proviene, pero la sitúa en el nivel apropiado para describir de forma más adecuada lo que ocurre.

No sé si usted lo sabe, pero los autores no tienen plenas competencias sobre los títulos de sus libros, pues la decisión final emerge (¿inexplicablemente?) del editor. Yo quería titular mi último libro *Phase Shift (Cambio de fase)*. Un cambio de fase en la materia, por ejemplo del agua al hielo, es un cambio en la organización molecular que genera diversas propiedades. Me gustaba la analogía de que la diferencia entre el cerebro humano y el cerebro de otros animales es un cambio en la organización neuronal que generó nuevas propiedades. Al editor no le gustó. Y tituló el libro *Qué loco propósito*. Lo que ya es evidente para la mayor parte de los físicos (y según parece a mi yerno) es que en los diversos niveles de la estructura hay distintos tipos de organización con tipos de interacción totalmente distintos regidos por leyes diferentes y, aunque uno emerge del otro, no emerge de forma predecible. Esto ocurre incluso en algo tan elemental como la conversión de agua en hielo, tal como señala el físico Robert Laughlin: hasta el momento se ha descubierto que el hielo tiene once fases cristalinas distintas, pero ninguna es predecible a partir de los primeros principios.[17]

La pelota de mi salón está constituida por átomos que se comportan tal como describe la mecánica cuántica. Cuando esos átomos microscópicos se juntan para formar una pelota macroscópica, emerge una nueva conducta, que es la que Newton observó y describió. Las leyes de Newton no son fundamentales sino emergentes, es decir, son lo que ocurre cuando la materia cuántica se agrupa para constituir fluidos y objetos macroscópicos. Es un fenómeno organizacional colectivo. Lo cierto es que no se pueden predecir las leyes

de Newton a partir de la observación de la conducta de los átomos, ni la conducta de los átomos a partir de las leyes de Newton. Emergen nuevas propiedades que no poseían los precursores. Todo esto da al traste con los planteamientos reduccionistas y también con el determinismo. Como recordará, el corolario del determinismo era que todo acontecimiento, acción, etcétera está predeterminado y puede predecirse (si se conocen todos los parámetros). Sin embargo, aunque los parámetros del átomo sean conocidos, no pueden predecir las leyes de Newton de los objetos. Hasta el momento no pueden predecir qué estructura cristalina emergerá cuando el agua se congele en diversas condiciones.

Así pues, en parte a causa de la teoría del caos y tal vez en mayor medida por la mecánica cuántica y la emergencia, los físicos ahora salen por la puerta de atrás del determinismo con el rabo entre las piernas. Richard Feynman, en sus conferencias de 1961 para los estudiantes de primer año de Caltech, declaró:

> ¡Sí! La física se ha rendido. *No sabemos cómo predecir lo que ocurriría en una circunstancia determinada* y, ahora que creemos que es imposible, lo único que se puede predecir es la probabilidad de diversos acontecimientos. Hay que reconocer que esto supone un retroceso con respecto a nuestro ideal anterior de comprensión de la naturaleza. Puede que sea un paso atrás, pero nadie ha visto la manera de evitarlo. [...] Por tanto, en el momento actual debemos limitarnos al cálculo de probabilidades. Decimos «en el momento actual», pero sospechamos que será así para siempre, que es imposible resolver el enigma, que la naturaleza es así.[18]

La gran pregunta que se cierne sobre el fenómeno de la emergencia es si esta impredecibilidad es un estado temporal o no. Que no lo sepamos todavía no significa que sea algo incognoscible, aunque podría serlo. Albert Einstein creía que cuando las cosas se consideraban aleatorias era porque se desconocían algunas de sus propieda-

des básicas, mientras que Niels Bohr sostenía que las distribuciones de probabilidad eran fundamentales e irreductibles. En algunos casos que aparentemente se han explicado, el catedrático de la Adelphi University Jeffrey Goldstein, que estudia la ciencia de la complejidad, señala que el problema no radicaba en la emergencia sino en que el ejemplo utilizado no era realmente un ejemplo de emergencia, mientras que, en el caso de un atractor extraño,* «los teoremas matemáticos refrendan la impredecibilidad indiscutible de este emergente específico». Pero, como señala el filósofo y físico Mario Bunge de la McGill University, «La emergencia explicada sigue siendo emergencia»[19] y, aunque un nivel pueda derivar en última instancia de otro, «prescindir por completo de las ideas clásicas parece pura fantasía, porque las propiedades clásicas, como la forma, la viscosidad y la temperatura, son tan reales como las cuánticas, el espín y la no separabilidad. En suma: la distinción entre los niveles cuántico y clásico es objetiva, no una mera cuestión de niveles de descripción y análisis».

Entretanto, en la neurociencia prevalece todavía el determinismo. Los deterministas del sector duro tienen dificultades para aceptar que existe más de un nivel. Les cuesta aceptar la posibilidad de que una novedad radical acompañe la emergencia de nivel superior. ¿Y por qué? Porque existe la evidencia de que el cerebro funciona automáticamente y de que la experiencia consciente es una experiencia posterior al hecho. En este punto debemos recordar para qué sirve el cerebro. Esto es algo en lo que no suelen pensar mucho los neurocientíficos, pero el cerebro es un dispositivo para tomar decisiones. Recopila información procedente de muy diversas fuentes para tomar decisiones a cada momento. Se recopila la información,

* Un atractor es un conjunto (una colección de objetos distintos) hacia el que evoluciona con el tiempo un sistema dinámico. Un conjunto complicado con una estructura fractal se denomina atractor extraño (Wikipedia).

se computa, se toma una decisión y luego uno tiene la sensación de la experiencia consciente. Si lo desea, usted puede hacer un pequeño experimento que demuestra que la consciencia es una experiencia *post hoc*. Tóquese la nariz con el dedo y percibirá al mismo tiempo la sensación en la nariz y en el dedo. Sin embargo, la neurona que transmite la sensación desde la nariz hasta el área de procesamiento correspondiente en el cerebro mide solo siete centímetros, mientras que la neurona de la mano tiene un metro de longitud, y los impulsos nerviosos viajan a la misma velocidad. Existe una diferencia de varios cientos (250-500) de milisegundos en la cantidad de tiempo que tardan en llegar al cerebro las dos sensaciones, pero usted no es consciente de este tiempo diferencial. Una vez que se recopila toda la información procedente de las señales sensoriales y se computa, se toma la decisión de que ambas se han producido simultáneamente aunque el cerebro no recibe los impulsos a la vez y solo a partir de entonces uno tiene la sensación de la experiencia consciente. La consciencia requiere tiempo, pero llega cuando el trabajo ya está hecho.

La consciencia: siempre tarde, mal y a rastras

Estos lapsos de tiempo se han documentado ampliamente desde hace más de veinticinco años. Benjamin Libet, psicólogo de la Universidad de California en San Francisco, removió las cosas cuando estimuló el cerebro de un paciente despierto durante un procedimiento neuroquirúrgico y observó que había un lapso de tiempo entre la estimulación de la superficie cortical que representa la mano y el momento en que el paciente era consciente de la sensación en la mano.[20] En posteriores experimentos, la actividad cerebral implicada en el inicio de una acción (pulsar un botón) ocurría unos quinientos milisegundos antes de la acción y era algo explica-

ble. Lo sorprendente era que se producía un incremento de la actividad cerebral relacionada con la acción hasta trescientos milisegundos antes de la intención consciente de actuar, según el testimonio del sujeto. La intensificación de la carga eléctrica cerebral que precedía a lo que se consideraban decisiones conscientes se denominó *Bereitschaftspotential* o, de manera más sencilla, potencial de preparación.[21]

Desde la época en que se hicieron los primeros experimentos de Libet, tal como predijeron otros psicólogos anteriores, se han perfeccionado notablemente los ensayos. Gracias a la técnica de la imagen por resonancia magnética funcional (fMRI), ya no concebimos el cerebro como un sistema estático sino como un sistema dinámico, siempre cambiante, en constante acción. Mediante estas técnicas, John-Dylan Haynes[22] y sus colegas ampliaron los experimentos de Libet en 2008 para mostrar que los resultados de una inclinación pueden codificarse en la actividad cerebral más de diez segundos antes de que lleguen a la consciencia. El cerebro actúa antes de que la persona sea consciente de ello. Y no solo eso, sino que, a partir de la observación del escáner, se puede predecir lo que va a hacer la persona. Las implicaciones son asombrosas. Si las acciones se inician inconscientemente, antes de que seamos conscientes del deseo de ejecutarlas, queda descartado el papel causal de la consciencia. La volición consciente, la idea de que uno desea que suceda una acción, es una ilusión. Pero ¿es este el modo correcto de abordar este asunto? Empiezo a pensar que no.

Los deterministas del sector duro: la banda de la tesis de la cadena causal

Los deterministas del sector duro de la neurociencia sostienen lo que denomino «tesis de la cadena causal»: a) El cerebro habilita la

mente y el cerebro es una entidad física; b) el mundo físico está determinado, luego el cerebro también está determinado; c) si el cerebro está determinado y si el cerebro es el órgano necesario y suficiente que habilita la mente, se impone la creencia de que los pensamientos que surgen de la mente también están determinados, y d) por tanto, el libre albedrío es una ilusión y debemos revisar nuestros conceptos acerca de lo que significa ser personalmente responsables de nuestros actos. Dicho de otro modo, el concepto del libre albedrío carece de significado. Se trata de una idea que surgió antes de que conociéramos todas estas cosas acerca del funcionamiento del cerebro y ahora debemos liberarnos de ella.

No existe discrepancia entre los neurocientíficos en lo que respecta a la primera tesis, la de que el cerebro habilita la mente de un modo desconocido y el cerebro es una entidad física. La segunda tesis, en cambio, constituye un punto débil que es objeto de ataque: muchos físicos ya no dan por hecho que el mundo físico esté determinado de forma predecible, porque la matemática no lineal de los sistemas complejos no permite predicciones exactas de los estados futuros. La tercera tesis (la de que los pensamientos están determinados) se fundamenta en una base endeble. Aunque algunos neurocientíficos creen que podemos demostrar que determinados patrones de activación neuronal producen pensamientos específicos que están predeterminados, nadie sabe cuáles son las reglas deterministas que rigen un sistema nervioso en acción. A mi modo de ver, nos encontramos ante el mismo escollo que se toparon los físicos cuando asumieron que las leyes de Newton eran universales. Las leyes no son universales en todos los niveles de organización, pues dependen del nivel de organización que se describe en cada caso y se aplican nuevas reglas cuando emergen niveles superiores. La mecánica cuántica son las reglas de los átomos, las leyes de Newton son las reglas de los objetos y no es posible predecir por completo un conjunto de reglas a partir del otro. Por tanto, la cuestión es si podemos partir de

lo que sabemos acerca de las neuronas y los neurotransmisores en el micronivel de la neurofisiología para formular un modelo determinista que prediga los pensamientos conscientes, los resultados del cerebro o la psicología. Y más problemático aún es el resultado del encuentro de tres cerebros. ¿Podemos derivar el macrorrelato del microrrelato? A mi modo de ver, no.

No creo que los teóricos del estado cerebral, los reduccionistas neuronales que sostienen que todo estado mental es idéntico a un estado neuronal todavía no descubierto, sean capaces de demostrarlo. Creo que el pensamiento consciente es una propiedad emergente. Y ello no la explica, pues simplemente reconoce su realidad o nivel de abstracción, como lo que sucede cuando interactúan el *software* y el *hardware*. De algún modo, la mente es una propiedad independiente del cerebro aunque a la vez es totalmente dependiente de él. No creo que sea posible construir un modelo completo de función mental ascendente. Si usted cree que sí es posible, curiosamente un crustáceo espinoso y una bióloga nos han dado mucho que pensar sobre el funcionamiento del sistema.

El problema de la langosta espinosa

Eve Marder ha estudiado el sistema nervioso simple y los patrones de motilidad resultantes del estómago de la langosta espinosa. Ha aislado todo el patrón de la red con todas sus neuronas y sinapsis, y modelado la dinámica sináptica hasta el nivel de los efectos neurotransmisores. Desde un enfoque determinista, al conocer y representar toda esta información, debería ser capaz de agruparla y escribir la función resultante del estómago de la langosta. En su laboratorio simularon más de veinte millones de posibles combinaciones en red de fuerzas sinápticas y propiedades neuronales para este sencillo sistema nervioso.[23] Al modelar todas estas combinacio-

nes, se descubrió que el 1-2 por ciento podía conducir a la dinámica apropiada que crearía el patrón de motilidad observando la naturaleza. Aunque es un porcentaje pequeño, existen entre cien mil y doscientas mil combinaciones diferentes que dan lugar a la misma conducta en un momento dado (y ello en un sistema muy sencillo con muy pocos componentes). El concepto filosófico de la realizabilidad múltiple —la idea de que hay muchos modos de implementar un sistema para producir una conducta— perdura en el sistema nervioso.

La enorme diversidad de las configuraciones en red que podrían conducir a una conducta idéntica nos lleva a plantearnos si es posible calcular, con un análisis unitario y enfoques moleculares, qué ocurre para producir una conducta. Esto plantea un profundo problema para el reduccionismo neurocientífico, porque pone de manifiesto que el análisis de los circuitos nerviosos puede informar sobre el funcionamiento posible de la cosa pero no sobre cómo funciona realmente. Aparentemente, esto revela la enorme dificultad de obtener una explicación neurocientífica concreta de una determinada conducta. El trabajo de esta bióloga casi logra respaldar la idea de la emergencia: el postulado de que las neuronas no nos llevarán al nivel de explicación adecuado. Hay demasiados estados diferentes que pueden conducir a un mismo resultado. ¿Deben desesperarse los neurocientíficos?

John Doyle sostiene que no y no ve la necesidad de abordar ese asunto. Señala que, cuando se tienen en cuenta los múltiples componentes de cualquier cosa, a medida que aumenta el número de parámetros y componentes del circuito, se produce un incremento más que exponencial del conjunto de circuitos posibles. Además, también hay un incremento menor, pero también exponencial, del conjunto de circuitos funcionales. Conviene señalar que el conjunto funcional es una fracción exponencialmente insignificante de todo el conjunto. Así, aunque las combinaciones posibles son muy am-

plias, el número real de combinaciones funcionales es solo un pequeño porcentaje de ese gran número.

Pues bien, eso es lo que descubrieron Eve Marder y sus colegas, y esas relaciones se aplican a muchos tipos de cosas, no solo a las langostas. Por ejemplo, como dice Doyle, «existe un número enorme de palabras inglesas, en la línea de 10^5 palabras. Pero pensemos en la palabra *organized [organizado]*. [...] Tiene nueve letras diferentes, de modo que hay 362.880 secuencias con solo esas nueve letras, pero solo una de ellas es una palabra inglesa funcional. Es insignificantemente improbable que cualquier secuencia larga de letras aleatoria constituya una palabra real (por ejemplo, *roaginezd*) y, aun así, existe un número enorme de palabras». Tal como apunta Doyle, eso está bien, porque es coherente con la idea de que el cerebro es un sistema estratificado. La estratificación tiene muchas ventajas. Nos conduce a la idea de la solidez. La capa inferior crea una plataforma muy sólida, aunque flexible, para la capa emergente superior.

El trabajo de Marder ha revelado el problema de los neurocientíficos. La tarea consiste en comprender mejor cómo interactúan las diversas capas del cerebro, cómo hay que concebir el cerebro en sí y desarrollar conceptos y un vocabulario adecuados para las interacciones interdependientes. Desde esta perspectiva, es posible no solo desmitificar lo que significan verdaderamente conceptos como la emergencia sino entender también cómo se comunican las capas entre sí.

Aunque supongamos que es verdadera la tercera tesis —los pensamientos que surgen de la mente están determinados—, nos encontramos con la cuarta tesis, según la cual el libre albedrío es una ilusión. Dejando al margen la larga historia del compatibilismo —la idea de que el individuo es libre de elegir una idea, más o menos mediante la aserción, en un universo determinado—, ¿qué significa el libre albedrío? «Ah, bueno, todos queremos tener la libertad de tomar nuestras decisiones.» Sí, ¿de qué queremos liberarnos? No queremos liberarnos de nuestra experiencia de la vida, algo que ne-

cesitamos precisamente para decidir. No queremos liberarnos de nuestro temperamento, porque también nos guía en la toma de decisiones. No queremos liberarnos de la causalidad, que utilizamos para hacer predicciones. Un jugador que intenta recibir un balón no quiere liberarse de todos los ajustes automáticos que hace su cuerpo para mantener la velocidad y la trayectoria mientras esquiva el placaje. No queremos liberarnos de todo nuestro dispositivo, sumamente evolucionado, de la toma de decisiones. ¿De qué queremos liberarnos? Como puede imaginar, este tema requiere cierta atención. No obstante, quiero hablar del sistema desde una perspectiva diferente.

NO SE PUEDE PREDECIR EL TANGO A TRAVÉS DEL ESTUDIO DE LAS NEURONAS

Durante miles de años, los filósofos y casi todo el mundo han discutido si la mente y el cuerpo son una entidad o dos. La creencia de que el ser humano es más que un cuerpo, de que existe una esencia, un espíritu, una mente o comoquiera que se llame lo que nos hace ser «usted» o «yo», se denomina *dualismo*. Descartes destaca quizá por su postura dualista. La idea de que tenemos una esencia más allá del yo físico nos resulta tan natural que nos parecería extraño recurrir a una mera descripción física para caracterizar a una persona. Un amigo mío que recientemente ha conocido a la juez del Tribunal Supremo Sandra Day O'Connor no la describió por su altura, color de pelo o edad sino que dijo: «Es valiente y aguda como una centella». Describió su esencia mental. Aunque el determinismo ha suplantado al dualismo en las neurociencias, no explica la conducta ni nuestro sentido de la responsabilidad y la libertad personal.

Creo que los neurocientíficos examinamos estas capacidades desde un nivel organizacional erróneo. Las analizamos desde el nivel cerebral individual, pero son propiedades emergentes que se obser-

van en las interacciones colectivas de múltiples cerebros. Mario Bunge apunta una cuestión que deberíamos tener en cuenta los neurocientíficos: «[D]ebemos situar el objeto de interés en su contexto en lugar de tratarlo como una individualidad solitaria». La idea, que fue difícil de digerir para los físicos, aunque al final han tenido que aceptarla, es que ocurre algo que no puede captarse mediante un enfoque ascendente. El principio de la emergencia ha cuestionado el reduccionismo en las ciencias físicas. Todo el sistema adquiere nuevas propiedades cualitativas que no pueden predecirse a partir de la simple adición de las propiedades de sus componentes individuales. Podríamos aplicar el aforismo de que el nuevo sistema es mayor que la suma de las partes. Existe un cambio de fase, un cambio en la estructura organizacional, que pasa de una escala a otra. ¿Por qué creemos en el sentido de la libertad y la responsabilidad personal? «El motivo por el que creemos en ellas, como sucede con casi todas las cosas emergentes, es que las observamos.» Aunque el físico Robert Laughlin se refería a las transiciones de fase como el cambio del agua al hielo, sus palabras también podrían aplicarse a los sentimientos de responsabilidad y libertad.

A propósito del fenómeno de la emergencia, el Nobel de física Philip W. Anderson en su artículo fundamental «More Is Different» («Más es diferente»), de 1972, reiteró la idea de que no podemos llegar al macrorrelato a partir del microrrelato:

> La principal falacia de este tipo de pensamiento radica en que la hipótesis reduccionista no implica en modo alguno una hipótesis «construccionista». La capacidad de reducirlo todo a leyes simples fundamentales no implica la capacidad de empezar desde esas leyes y reconstruir el universo. De hecho, cuanto más nos explican los físicos de partículas elementales la naturaleza de las leyes fundamentales, menor es la relevancia que tiene todo ello para los verdaderos problemas del resto de la ciencia, y ya no digamos para los del resto de la sociedad.[24]

Después acusa a los biólogos y, sin duda, también a los neurocientíficos:

> La arrogancia del físico de partículas y de sus investigaciones intensivas quizá son agua pasada (el descubridor del positrón dijo que «el resto es química»), pero todavía tenemos que recuperarnos de la de algunos biólogos moleculares, que parecen decididos a reducir todo el organismo humano a «pura» química, desde el resfriado común hasta las enfermedades mentales o el instinto religioso. Es indudable que hay más niveles de organización entre la etología humana y el ADN que entre el ADN y la electrodinámica cuántica, y cada nivel requiere una estructura conceptual nueva.

Robert Laughlin, que obtuvo el Premio Nobel de física en 1998, en su maravilloso libro *Un universo diferente* dijo lo siguiente sobre la incipiente comprensión de la emergencia: «Lo que observamos es una transformación de la visión del mundo en la que el objetivo de comprender la naturaleza descomponiéndola en sus partes más pequeñas se ve suplantado por el objetivo de comprender cómo se organiza la naturaleza».

Los físicos se han percatado de que una comprensión teórica completa de los constituyentes microscópicos no aporta un nuevo conjunto de teorías generales sobre cómo se agrupan dichos constituyentes en estructuras macromoleculares interesantes y cómo funcionan los procesos que les confieren un carácter único. No cabe duda de que la naturaleza así lo hace, pero para Richard Feynman es sumamente improbable que podamos teorizar, predecir o entender este proceso y Philip Anderson y Robert Laughlin creen que es imposible. La perspectiva construccionista causal ascendente según la cual la comprensión del sistema nervioso nos permitirá comprender el resto no es el modo adecuado de plantear el problema.

La emergencia es un fenómeno común aceptado en la física, la biología, la química, la sociología e incluso en el arte. Cuando un

sistema físico no demuestra todas las simetrías de las leyes por las que se rige, decimos que se rompen espontáneamente las simetrías. La emergencia, la idea de la ruptura de la simetría, es sencilla: la materia adquiere de forma colectiva y espontánea una propiedad o preferencia que no está presente en las reglas subyacentes. El ejemplo clásico de la biología es la estructura con forma de torre que construyen algunas especies de hormigas y termitas. Estas estructuras solo emergen cuando la colonia de hormigas alcanza un tamaño determinado (más es diferente) y no pueden predecirse mediante el estudio de la conducta de los insectos individuales en colonias pequeñas.

Sin embargo, muchos neurocientíficos se resisten a aceptar la emergencia. Celebran que por fin han desahuciado del cerebro al homúnculo. Han derrotado al dualismo. Han expulsado a todos los espíritus de la máquina y no les dejan volver. Temen que la inserción de la emergencia en la ecuación demuestre que otra cosa distinta del cerebro hace el trabajo y así se reintroduzca el espíritu en la máquina determinista cerebral. ¡Emergencias no, gracias! A mi modo de ver, este enfoque neurocientífico es erróneo. La emergencia no es un espíritu místico sino el paso de un nivel de organización a otro. Cuando usted está solo en la legendaria isla desierta o en su casa una lluviosa tarde de domingo, se rige por un conjunto de reglas diferentes que las que adopta en un cóctel o en casa de su jefe.

La clave para comprender la emergencia consiste en entender que existen diversos niveles de organización. Mi analogía predilecta es la del coche, a la que ya me he referido con anterioridad. Si uno observa una pieza aislada de un coche, como por ejemplo un árbol de levas, no puede predecir que habrá retenciones de tráfico en la autopista a las tres y cuarto de la tarde de lunes a viernes. De hecho, ni siquiera se puede predecir el fenómeno del tráfico simplemente observando una pastilla de freno. No se puede analizar el tráfico en el nivel de las piezas del coche. ¿Acaso el hombre que inventó la

rueda imaginó la autopista 405 en Los Ángeles un viernes por la noche? Ni siquiera se puede analizar el tráfico en el nivel del coche individual. Cuando se agrupa una serie de coches y conductores, con las variables de localización, tiempo, condiciones atmosféricas y población, todo en conjunto, ese es el nivel en el que se puede predecir el tráfico. Surge un conjunto nuevo de leyes que no pueden predecirse a partir de los componentes individuales.

Lo mismo ocurre con el cerebro. El cerebro es una máquina automática que sigue ciertos caminos para tomar decisiones, pero el análisis de los cerebros en aislamiento no explica la capacidad de la responsabilidad. La responsabilidad es una dimensión de la vida que surge del intercambio social y el intercambio social requiere más de un cerebro. Cuando interactúa más de un cerebro, empiezan a emerger cosas nuevas e impredecibles que establecen un nuevo conjunto de reglas. Dos de las propiedades que se adquieren en este nuevo conjunto de reglas, y que no existían con anterioridad, son la responsabilidad y la libertad. No se encuentran en el cerebro, como declaró John Locke cuando dijo: «La voluntad, en el fondo, no significa sino la potencia o la capacidad de preferir o elegir. Y cuando, bajo el nombre de *facultad*, se considera la voluntad simplemente como una capacidad de hacer algo, tal como en efecto es, entonces se descubrirá fácilmente el absurdo decir que es libre o que no lo es».[25] Sin embargo, la responsabilidad y la libertad se encuentran en el espacio entre los cerebros, en la interacción entre los individuos.

Cómo irritar a un neurocientífico

La neurociencia moderna se complace en aceptar que la conducta humana es fruto de un sistema determinado de forma probabilística y orientado por la experiencia. Pero ¿cómo ejerce la experiencia esa orientación? Si el cerebro es un dispositivo de toma de decisiones y

recopila información para fundamentarlas, un estado mental que es fruto de una experiencia o de una interacción social ¿puede afectar a los estados mentales futuros o limitarlos? Si todos fuéramos franceses, proyectaríamos hacia fuera el labio superior y, exasperados, nos encogeríamos de hombros y diríamos, en una expiración: «*Mais bien sûr*», a menos que fuéramos neurocientíficos o tal vez filósofos. Esto significa causalidad descendente. Insinuar la causalidad descendente a un grupo de neurocientíficos resulta ofensivo. Si invita a comer a alguno, le aconsejo que no saque el tema. Mejor invite al físico Mario Bunge, que nos dirá que debemos «complementar todo análisis ascendente con un análisis descendente, porque el conjunto limita las partes: pensemos en las tensiones en un componente de una estructura metálica, o el estrés en un miembro de un sistema social, en virtud de sus interacciones con otros constituyentes del mismo sistema».

Si invitamos a nuestro experto en control de sistemas, Howard Pattee, nos dirá que, aunque la causalidad no tiene valor explicativo en el nivel de las leyes físicas, sí lo tiene en los niveles de organización superiores. Por ejemplo, resulta útil saber que la falta de hierro provoca anemia. Pattee sugiere que el significado cotidiano de la causalidad es pragmático y se utiliza para los acontecimientos que son controlables. Si se controla el nivel de hierro, se soluciona la anemia. No podemos cambiar las leyes de la física, pero sí podemos cambiar el nivel de hierro. Cuando un coche choca con otro al pie de una cuesta, decimos que la causa del accidente fue el desgaste de los frenos, algo que podemos verificar y controlar. En cambio, no podemos culpar a las leyes de la física de todas las circunstancias casuales que escapan a nuestro control (el hecho de que hubiera otro coche parado en el semáforo al pie de la cuesta, los motivos que impulsaron al conductor a estar allí, la temporización de los semáforos y demás). Pattee concibe la tendencia a identificar una sola causa controlable, «que en sí podría haber evitado el accidente pero

hubiera mantenido todos los demás resultados esperables», no como el fruto de un sistema complejo sino como «un motivo por el que la causalidad descendente es problemática. Dicho de otro modo, concebimos las causas en términos de las estructuras de control de proximidad más simples, puesto que si no tendríamos una cadena o red infinita de causas concurrentes distribuidas». Es decir, la causalidad descendente es caótica e impredecible.

Y en qué punto interviene el control, se pregunta Pattee. No en el micronivel, dado que por definición las leyes físicas solo describen las relaciones entre acontecimientos que no varían de un observador a otro. Cuando un padre pregunta con acritud: «¿Por qué copiaste en el examen?» y recibe la respuesta: «Fueron los átomos que seguían las leyes de la física», que es la causa universal de todos los acontecimientos, hasta el más reduccionista de los padres lo tildará de sabihondo y le impondrá un severo castigo. La explicación del chico requiere ascender varios niveles de conducta hasta el punto donde se puede ejercer el control. El control implica cierta forma de limitación. No consiste en no comernos el donut de mermelada porque sabemos que no es sano o en no copiar en el examen porque puede traernos problemas si nos descubren. El control es una propiedad emergente.

Cuando se habla de causalidad descendente en la neurociencia, se indica que un estado mental influye en un estado físico. Se sugiere que un pensamiento en el macronivel A puede afectar a las neuronas del micro nivel físico B. La primera cuestión es cómo se llega desde el nivel de las neuronas (micronivel B) hasta el pensamiento emergente (macronivel A). David Krakauer, biólogo teórico del Santa Fe Institute, señala que

> el truco, en cualquier nivel de análisis, consiste en encontrar las variables efectivas que contienen toda la información necesaria para generar toda la conducta de interés arriba. Es tanto un arte como una

> ciencia. Ahora bien, la «causalidad ascendente» (el paso del micronivel B, una neurona, al macronivel A, un pensamiento) puede ser intratable e incomprensible. La «causalidad descendente» se refiere a la descripción del proceso por el cual el macronivel A causa el micronivel B cuando A se expresa en dinámicas y variables efectivas de nivel superior, y B en términos de la dinámica microscópica. Físicamente, todas las interacciones son microscópicas (B-B), pero no todos los grados de libertad microscópicos importan.[26]
>
> Es decir, B puede generar A, pero A sigue estando constituida de B.

Por ejemplo, Krakauer señala que cuando programamos un ordenador, o controlamos el ordenador en la concepción de Pattee,

> interactuamos con un complejo sistema físico que lleva a cabo una labor computacional. No programamos en el nivel de los electrones, micronivel B, sino en el nivel de una teoría efectiva superior, macronivel A (por ejemplo, la programación en Lisp), que luego se compila, sin pérdida de información, en la física microscópica. Así pues, A causa B. Por supuesto, A está físicamente constituido de B, y todos los pasos de la compilación son solo B sin física B. Desde nuestra perspectiva, podemos ver cierta conducta colectiva B en términos de procesos A.

Volviendo a mi salón, los átomos se agrupan y pueden provocar que la pelota ruede por el suelo, pero la pelota sigue estando constituida de átomos. Observamos la conducta colectiva de los átomos, micronivel B, en el nivel organizacional superior de la pelota, macronivel A, y vemos que la conducta de la pelota sigue las leyes de Newton, pero los átomos están ahí en el núcleo y hacen sus propias cosas según un conjunto distinto de leyes. En la neurociencia empleamos conceptos como ira, tono y perspectiva para describir nuestros macroestados A. Son los burdos estados variables A que vemos en lugar de los microestados B. Continúa Krakauer:

Trabajamos bien en el nivel A, debido a la limitación de nuestra consciencia introspectiva. Internamente, algo hace la compilación antes de que llegue a la consciencia. De modo que o A o el compilador puede considerarse como el lenguaje del pensamiento. No somos distintos de la máquina, el micronivel B, pero nos entendemos en los niveles A adecuados.

El punto más profundo es que sin esos niveles superiores no hay posibilidad de comunicación, pues tendríamos que especificar a todas las partículas que deseamos expresar algo, en lugar de esperar a que el compilador mental haga el trabajo.

Existe una necesidad absoluta de que ocurra la emergencia para controlar este rico sistema que se desarrolla en otro nivel. La idea global es que tenemos diversos sistemas emergentes jerárquicos que surgen desde el nivel de la física de las partículas y emergen hasta los procesos mentales, pasando por la física atómica, la química, la bioquímica, la biología celular y la fisiología.

COMPLEMENTARIEDAD, *SÍ*, CAUSALIDAD DESCENDENTE, *NO*

Una vez que existe un estado mental, ¿hay causalidad descendente? ¿Un pensamiento puede limitar al cerebro que lo produjo? ¿El todo limita las partes? Esta es la pregunta del millón en esta rama científica. El enigma clásico suele formularse así: existe un estado físico, P1, en un momento 1, lo que produce un estado mental, M1. Al cabo de cierto tiempo, el momento 2, existe otro estado físico, P2, que produce otro estado mental, M2. ¿Cómo se pasa de M1 a M2? He aquí el enigma. Sabemos que los estados mentales son fruto de los procesos cerebrales, de forma que M1 no genera directamente M2 sin implicar al cerebro. Si pasamos de P1 a P2 y luego a M2, nuestra vida mental carece de actividad y, por tanto, nos dejamos llevar. A nadie le gusta esa idea. La cuestión peliaguda es la siguien-

te: ¿cabe afirmar que M1, en un proceso de limitación descendente, guía a P2, afectando así a M2?

Para resolver este misterio tenemos que recurrir a los genetistas. Inicialmente pensaban que la duplicación de genes era un sencillo sistema causal ascendente: los genes eran como abalorios ensartados que constituyen un cromosoma que duplica y produce copias idénticas de sí mismo. Ahora saben que los genes no son tan sencillos y que interviene una multitud de acontecimientos. El experto en control de sistemas, Howard Pattee, observa que un buen ejemplo de causalidad ascendente y descendente es la representación genotípica-fenotípica de la descripción a la construcción. Se «requiere el gen para describir la secuencia de partes que forman las enzimas, y esa descripción, a su vez, requiere que las enzimas lean la descripción. [...] En su forma lógica más sencilla, las partes representadas por símbolos (codones) controlan parcialmente la construcción del conjunto (enzimas), pero el conjunto controla parcialmente la identificación de las partes (traducción) y la construcción en sí (síntesis de proteínas)». Y una vez más Pattee señala con el dedo acusador las posiciones extremas que pugnan por dirimir cuál es más importante, la causalidad ascendente o la descendente. Son complementarias.

Este tipo de análisis me lleva a comprender el razonamiento engañoso en el que podemos caer cuando analizamos el tipo de hechos observados por Benjamin Libet, esto es, que el cerebro hace algo antes de que seamos conscientes de ello. Con la flecha del tiempo que avanza en una sola dirección, con la idea de que algo está causado por algo ocurrido antes, perdemos de vista el concepto de la complementariedad. ¿Qué importa que la actividad cerebral ocurra antes de que seamos conscientes de algo? La consciencia es su propia abstracción en su propia escala temporal y esa escala temporal es actual con respecto a ella. Por tanto, el pensamiento de Libet no es correcto. No es ahí donde radica la acción, del mismo modo que un transistor está donde se encuentra la acción del *software*.

La fijación de una trayectoria de acción es automática, determinista, modularizada, impulsada no por un sistema físico en un determinado momento sino por cientos, miles y tal vez millones. La trayectoria de la acción adoptada nos parece fruto de una decisión, pero lo cierto es que es el resultado de un determinado estado mental emergente seleccionado por la interacción del complejo medio circundante.[27] La acción está constituida por componentes complementarios que surgen del interior y el exterior. Así es como funciona la maquinaria (el cerebro). Entonces, la idea de la causalidad descendente puede resultar confusa para nuestra comprensión. Como dice John Doyle: «¿Dónde está la causa?». Lo que se entabla es un combate entre los múltiples estados mentales omnipresentes y las poderosas fuerzas contextuales dentro de las cuales opera el cerebro. Nuestro intérprete entonces sostiene que tomamos libremente una decisión.

Y la cosa se complica todavía más. Vamos a tener que considerar el contexto social y las limitaciones sociales sobre los actos individuales. Algo ocurre en el nivel del grupo.

Capítulo 5
LA MENTE SOCIAL

Si cogemos a un bebé y le sacamos la lengua, antes o después nos la sacará también. Y así ya hemos entablado una pequeña interacción social. Su conducta no es aprendida. Parece una imitación automática de nuestro gesto, a través de la cual socializa con nosotros. Tal vez pensemos que no constituye una comunicación de alto nivel, pero quizá sí lo sea: el bebé nos ha mirado, nos ha reconocido como imitables (es decir, como objetos animados, no como lámparas), nos ha visto la lengua, ha reconocido que era una lengua, ha descubierto cuál es la lengua de entre todos los músculos sobre los que tiene control y luego nos la ha sacado. ¡Y es un bebé! ¿Cómo sabe que una lengua es una lengua? ¿Lo sabe? ¿Cómo sabe utilizar el sistema neuronal que está a cargo de la lengua con el fin de moverla? ¿Por qué se ha tomado la molestia de hacer ese gesto?

Los bebés entran en el mundo social a través de la imitación. Comprenden que son como las demás personas e imitan las acciones humanas, no las de los objetos.[1] Esto es así porque el cerebro humano tiene circuitos neuronales específicos para identificar el movimiento biológico y el movimiento de los objetos inanimados, junto con otros circuitos específicos para identificar las caras y el movimiento facial.[2] Un bebé no puede hacer gran cosa para integrarse en el mundo social y entablar un vínculo con otra persona cuando todavía no sabe sentarse, controlar la cabeza o hablar, pero sí puede imitar. Cuando cogemos a un bebé en brazos, lo que nos une en el mundo social son sus acciones imitativas. No permanece inmóvil como un trozo de plomo sino que responde de una manera que propicia la relación.

En el capítulo anterior lancé la idea de que la responsabilidad surge de la interacción social y de que la mente limita el cerebro. Ahora vamos a ver cómo incorporamos la dinámica social en la elección personal, cómo descubrimos las intenciones, las emociones y los objetivos de los demás con el fin de sobrevivir y, entonces, entenderemos de qué modo el proceso social limita las mentes individuales. La idea de que los individuos están limitados por el proceso social es un tema bastante irritante para los estadounidenses. Al fin y al cabo, somos un país que ha favorecido la individualidad inquebrantable, que instó a toda una generación a emprender un viaje individual con el lema: «¡Ve al Oeste, joven, ve al Oeste!» y convirtió al vaquero solitario en un icono. Cuentan que cuando a Henry Ford le dijeron: «Señor Ford, un hombre, Charles Lindbergh, acaba de sobrevolar el océano Atlántico en solitario», respondió: «Eso no es nada. Si aún lo hubiera hecho una comitiva...». Nuestro pensamiento individualista ha influido en el enfoque que hemos dado al estudio de los seres humanos y de la función cerebral. Así, sabemos mucho sobre la psicología del individuo pero empezamos a comprender ahora la neurociencia de las influencias de las interacciones sociales.

El equipamiento estándar: nacidos para socializar

Resulta que estamos programados desde el nacimiento para la interacción social. Muchas de nuestras habilidades sociales vienen programadas de fábrica. La ventaja de las habilidades programadas es que funcionan inmediatamente y no requieren aprendizaje, frente a todas las demás capacidades que adquirimos para sobrevivir. David y Ann Premack pusieron en marcha los estudios de las habilidades sociales intuitivas mediante la observación de los conceptos sociales que entendían los bebés. A principios de los años cuarenta se había

observado que, cuando se proyectaban películas de formas geométricas que se movían de tal manera que indicaban una intención o una conducta dirigida a un objetivo (se movían como se movería un animal), los individuos atribuían deseos e intenciones a las figuras geométricas.[3] Los Premack demostraron que los niños de entre diez y catorce meses, al ver objetos que parecían autopropulsados y orientados a un objetivo, automáticamente interpretaban que dichos objetos eran intencionales y además asignaban un valor positivo o negativo a la interacción entre los objetos intencionales.[4] J. Kiley Hamlin, Karen Wynn y Paul Bloom ampliaron este trabajo y mostraron que los niños de entre seis y diez meses evaluaban a los demás en función de su conducta social. Estos niños veían un vídeo en el que un triángulo animado con ojos intenta subir una cuesta y recibe la ayuda de un círculo o bien se ve obstaculizado por un cuadrado. Después del vídeo, los bebés podían elegir el círculo o el cuadrado en una bandeja y siempre escogían el círculo «servicial».[5] La capacidad de evaluar a los demás es esencial para moverse en sociedad. Parece que ya los niños preverbales pueden deducir quién es útil y quién no, una ventaja evidente para un niño que necesita muchos años de ayuda para sobrevivir.

A partir de la observación de los primeros signos de conducta servicial en los propios niños, Felix Warneken y Michael Tomasello creen que los niños de catorce meses ya son capaces de prestar una ayuda altruista. Sin que nadie les insista o alabe su conducta, recogen un objeto que se le ha caído a alguien y se lo devuelven,[6] aunque a veces tengan que interrumpir una actividad con la que están disfrutando.[7] Por supuesto, esto no solo requiere comprender que los demás tienen objetivos y cuáles son estos, sino que además conlleva una conducta altruista con personas con las que no están emparentados, una rara conducta evolutiva que podría tener sus orígenes en nuestros parientes los chimpancés y que ya se manifiesta en los niños de catorce meses.[8] Prestar ayuda parece una conducta que surge

de forma natural y que no es exclusivamente adquirida. Sin embargo, en otras investigaciones del laboratorio de Tomasello se ha observado que, a diferencia de los chimpancés, los niños de doce meses también aportan información libremente. Si saben dónde se encuentra un objeto que alguien está buscando, lo señalan.[9] Curiosamente, la conducta altruista, que parece innata en los seres humanos, está influida por la experiencia social y la transmisión cultural.[10] Los niños de tres años empiezan a *inhibir* parte de su conducta naturalmente altruista. Se vuelven más selectivos en cuanto a quién prestan ayuda. Son más generosos con quienes lo han sido previamente con ellos.[11] Los chimpancés hacen lo mismo,[12] mostrando al menos algunas de las características del altruismo recíproco. Las normas y las reglas sociales también empiezan a influir en la conducta altruista de los niños en la etapa preescolar.[13]

Los orígenes de la conducta social: la seguridad de la masa

¿Cómo evolucionó dicha conducta social? Cuando pienso en la evolución de los procesos sociales humanos, la divido en dos fases. Los psicólogos evolutivos nos recuerdan que el entorno en el que vivían nuestros antepasados estaba muy poco poblado. Todavía en el año 10000 a.C., cuando desaparecía el hielo glacial de la última glaciación en Norteamérica, los seres humanos eran pocos y se encontraban muy dispersos. A medida que los primeros homínidos constituyeron pequeños grupos para protegerse de los predadores y ayudarse en la caza, evolucionaron las adaptaciones sociales. Durante la mayor parte de la historia humana, las fuentes de alimentos estaban muy dispersas y estos pequeños grupos eran nómadas. Ya en tiempos mucho más recientes, aumentó la densidad de población, un proceso que empezó con el desarrollo de la agricultura y la evolución hacia un modo de vida sedentario. El número de personas

que vivía en 1950 era el equivalente del número total de seres humanos que habían vivido durante toda la historia del mundo hasta ese momento.

Con el incremento de la densidad de población, comenzó la segunda fase: las adaptaciones para gestionar un mundo social cada vez más poblado. En el mundo viven hoy unos seis mil setecientos millones de personas, más del doble de la población de 1950. Lo sorprendente es que la especie es cada vez menos violenta y convive bastante bien, a pesar de lo que cuentan los informativos. Aunque los conflictivos representan todavía un problema, son cada vez menos numerosos y están más dispersos: constituyen aproximadamente el cinco por ciento de la población. A nuestra especie no le gusta matar, engañar, robar y maltratar. Y ello nos lleva a pensar en nuestras interacciones sociales y en que nuestra vida mental es codependiente de los demás. ¿Cómo reconocemos los estados emocionales de los demás con el fin de comprenderlos y cómo llegamos a formular las reglas morales y sociales por las que nos regimos? ¿Estas reglas son adquiridas, innatas o ambas cosas? ¿Qué capacidades necesitamos para sobrevivir a todas las interacciones sociales que afrontamos a diario y cómo surgieron? ¿Somos seres racionales que vivimos según un conjunto de reglas personales o hay una dinámica de grupo que nos controla? Si un individuo está solo en una situación, ¿actúa del mismo modo que si estuviera en grupo?

El tango es cosa de dos

La neurociencia y la psicología han comprendido paulatinamente que no podemos limitarnos a observar la conducta de un cerebro aislado. Asif Ghazanfar, que estudia la vocalización en los macacos y los seres humanos en la Universidad de Princeton, afirma que no solo existe una relación dinámica que concierne a las distintas partes

del cerebro sino que además se entabla una relación dinámica con el otro animal al que se escucha. Las vocalizaciones de un mono modulan los procesos cerebrales que ocurren en el otro mono. Esto ocurre también con los seres humanos. Uri Hasson, también en Princeton, ha medido con fMRI la actividad cerebral de un par de sujetos que conversan. Observó que la actividad cerebral del oyente reflejaba la del hablante; algunas áreas del cerebro mostraban incluso respuestas anticipatorias predictivas. Cuando existían tales respuestas anticipatorias, había un mayor entendimiento.[14] La conducta de una persona puede influir en la de otra persona. La cuestión es que ahora entendemos que es preciso analizar el panorama completo, no solo un cerebro aislado, si queremos entender más plenamente el conjunto de fuerzas que intervienen.

Los primatólogos entendieron este concepto hace muchos años. En 1966, Alison Jolly concluyó un artículo sobre la conducta social del lémur con la siguiente afirmación: «Así pues, parece probable que los rudimentos de la sociedad primate hayan precedido al desarrollo de la inteligencia primate, además de posibilitarla y de determinar su naturaleza».[15] En el siguiente apartado veremos la línea general del razonamiento, que también he revisado en mi libro *¿Qué nos hace humanos?*

Los grandes cerebros y la competencia, o el origen de la juerga universitaria

Ha habido muchas teorías sobre qué fuerzas impulsaron la ampliación del cerebro humano. A través de los procesos de selección natural y sexual, se ha llegado a aceptar que influyeron dos factores principales: una dieta con suficientes calorías para alimentar un cerebro cada vez más costoso desde el punto de vista metabólico y el desafío de la vida en un gran grupo (el «mundo social» necesario

para protegerse de los predadores, así como para cazar y recolectar comida). La unión en grupos sociales planteó una serie de problemas, incluida la competencia con los demás por los recursos limitados: la comida y las potenciales parejas. La observación de Alison Jolly, seguida de las de otros investigadores, condujo a Richard Byrne y Andrew Whiten de la Universidad de St. Andrews, en Escocia, a postular lo que ha dado en llamarse la «hipótesis del cerebro social». Su propuesta sostenía que los primates tienen aptitudes sociales más complejas que los no primates y que la vida en grupos sociales con vínculos complejos plantea más desafíos que el contacto con el mundo físico. (A todo el mundo le resulta más fácil arreglar la tostadora en la trastienda que prestar servicio de cara al cliente.) El desafío cognitivo de la supervivencia en grupos sociales cada vez mayores seleccionó el incremento de la función y el tamaño cerebral.[16]

La mayor parte de los monos y simios vive en grupos de larga duración, de manera que los conespecíficos familiares son grandes competidores por el acceso a los recursos. Esta situación favorece a los individuos que son capaces de compensar los costes de la competencia mediante prácticas manipuladoras, cuyo dominio depende de un amplio conocimiento social. Como la ventaja competitiva funciona por contraste con la capacidad de los demás miembros de la población, se desencadena una «carrera armamentística» por el incremento de las aptitudes sociales, un factor que acaba equilibrándose por el elevado coste metabólico del tejido cerebral.[17]

Para triunfar en un grupo social se requiere algo más que competencia: es preciso cooperar, pues, en caso contrario, no serían posibles ciertas actividades como la caza conjunta. Para abordar esta cuestión, los psicólogos comparativos y del desarrollo Henrike Moll y Michael Tomasello han postulado la hipótesis de la inteligencia vygotskiana, así llamada por Lev Vygotsky, un psicólogo ruso de

principios del siglo xx.* Afirman que, así como la cognición en general estaba impulsada fundamentalmente por la competencia social, otros aspectos de la cognición que consideran exclusivos de los seres humanos (las habilidades cognitivas de los objetivos comunes, la atención conjunta, las intenciones conjuntas y la comunicación cooperativa) se impulsaban o constituían mediante la cooperación social, necesaria para crear cosas como las tecnologías complejas, las instituciones culturales y los sistemas de símbolos, no a través de la competencia social.[18]

Cuanto mayor es el grupo, mayor es el cerebro

El antropólogo de la Universidad de Oxford Robin Dunbar ha aportado datos que corroboran que cierto tipo de componente social impulsó la expansión evolutiva del cerebro. Ha observado que cada especie de primate suele tener grupos sociales de un tamaño típico, es decir, el tamaño del cerebro se correlaciona con el tamaño del grupo social en los primates y los simios: cuanto mayor es el neocórtex, mayor es el grupo social, y que los grandes simios requieren un neocórtex mayor en relación con el tamaño del grupo que los demás primates.[19] Aunque un grupo social típico de chimpancé está formado por cincuenta y cinco individuos, Dunbar predijo a partir del tamaño de los cerebros humanos que el grupo social típico humano es de unos ciento cincuenta individuos.[20] Después estudió los grupos sociales humanos actuales y observó que este tamaño del grupo social ha permanecido constante para los seres humanos desde los tiempos prehistóricos hasta nuestros días. No solo era este el

* Vygotsky investigó la influencia de las interacciones con los padres y otras personas en el desarrollo y el aprendizaje infantil, un proceso por el cual el niño aprende las costumbres culturales de la mente, los patrones discursivos, el lenguaje escrito y los símbolos.

tamaño de los grupos emparentados que se reunían una vez al año para celebrar las ceremonias tradicionales en las sociedades ancestrales de cazadores recolectores, sino que también es el tamaño de las sociedades cazadoras recolectoras actuales y de las listas de felicitación navideña que figuran hoy en las agendas personales.[21] Parece que el *networking* social no difiere mucho en este aspecto. En un estudio que se encuentra en fase de desarrollo, Dunbar ha observado hasta el momento que hasta las personas que tienen cientos de «amigos» interactúan con un número limitado. «Lo interesante es que un individuo puede tener mil quinientos amigos, pero, cuando se observa el tráfico en los sitios de internet, se ve que la gente mantiene el mismo círculo íntimo de ciento cincuenta personas que observamos en el mundo real.»[22]

Las investigaciones han mostrado que de ciento cincuenta a doscientas personas es el número que se puede llegar a controlar sin una jerarquía organizativa.[23] Ese es el número de personas con las que podemos mantener el contacto o forjar un vínculo social estable y a las que estaríamos dispuestos a hacer un favor. ¿Por qué es limitado el tamaño de nuestro grupo social? Para tener relaciones sociales se requieren cinco capacidades cognitivas: a) hay que interpretar la información visual para reconocer a los demás, b) recordar las caras y c) quién tiene relación con quién, d) hay que procesar la información emocional y e) manipular la información sobre un conjunto de relaciones. Dunbar ha observado que el factor limitador es la capacidad de manipular la información sobre un conjunto de relaciones. Los demás procesos no funcionan al máximo de nuestra capacidad. La información sobre las relaciones sociales requiere una capacidad de procesamiento adicional, así como determinadas especializaciones, mientras que no ocurre lo mismo con los otros procesos.

El fin del vagabundeo

Dada la inmensa diversidad de fuerzas que impulsan la evolución, es importante no centrarse demasiado en un solo aspecto. Hace años tuve el privilegio de formar parte de un pequeño grupo de investigación constituido por Leon Festinger, del que también formaban parte David Premack y el psicólogo social Stanley Schachter. A Leon le interesaba explicar las amplias diferencias existentes entre nuestra especie y otros animales. Señaló que una de las posibles consecuencias de la conducta social, que impulsó tantos cambios, fue el inicio de la vida sedentaria y el abandono del nomadismo. Entre los años 10500 y 8500 a.C., muchas cosas que se habían acumulado durante miles de años posibilitaron conjuntamente un gran cambio en el modo de vida. Se vivía el final del último período glacial, el ser humano controlaba el fuego y era más eficaz en la caza, había domesticado al perro (el mundo social ya era avanzado con el más fiel de los amigos), aumentó el consumo de pescado y había una mayor dependencia de los cereales almacenables. Festinger concluyó que la existencia sedentaria fue el cambio fundamental que alteró de forma irreversible el curso de la evolución humana. El sedentarismo permitió que los seres humanos se reprodujeran mejor (debido a la reducción de los abortos y el aumento de la frecuencia de embarazos), hasta el punto de que el tamaño del grupo alcanzó rápidamente una cifra que rondaba los ciento cincuenta individuos. Aunque el entorno y los recursos naturales normalmente limitan el crecimiento demográfico causado por el impulso endógeno de la reproducción, no ocurrió así en el caso de los seres humanos. Tarde o temprano eran capaces de encontrar o inventar soluciones para los problemas y transformar notablemente el entorno a medida que evolucionaban, de manera que, a medida que se formaron los grupos, aumentaron sus poblaciones. Hacia el año 7000 a.C. alguien tuvo una gran idea y así surgió la agricultura. A partir de ese mo-

mento, entre los años 6000 y 4500 a.C., se desarrolló una creciente especialización, que requería una mayor interdependencia en el seno de las poblaciones, lo que a su vez potenció las diferencias de posición y poder. Entretanto, se desarrollaron las tecnologías naturales y religiosas, las reglas sociales, el chismorreo y la postura moral de controlar y organizar estas comunidades humanas.

Nuevas aspiraciones...

Lo cierto es que, además de los procesos automáticos, existe todo un entorno vivo que altera y modela la conducta, el pensamiento y tal vez incluso el genoma de nuestra especie. La conducta social primitiva permanecía en gran medida intacta antes del desarrollo de la vida sedentaria. En cambio, el sedentarismo y las consiguientes civilizaciones aportaron el medio en el que surgieron las conductas sociales complejas y prosperó en el cerebro social. Entramos en lo que denomino la fase 2, una coevolución con la civilización emergente que continúa definiendo los componentes sociales del cerebro humano todavía hoy.

¿Coevolución?

¿Cómo pudo ocurrir esa coevolución? En esencia, la selección natural es un caso de causalidad descendente con una especie de mecanismo de retroalimentación para un selector pasivo. El entorno es causal en un sentido descendente, puesto que lo que sobrevive, sobrevive a los efectos del entorno por cualquier motivo. El superviviente es la retroalimentación, dado que se reproduce y da lugar a la siguiente generación, que a su vez se verá influida por el entorno. Ahora bien, si el superviviente transforma ligeramente el entor-

no, se puede transformar también lo que selecciona este entorno ligeramente transformado. Puede ocurrir algo similar con los procesos sociales: el entorno social es otro factor que contribuye al entorno global que selecciona de un modo causal descendente, con un mecanismo de retroalimentación.

Como ya he señalado, un rasgo genéticamente fijo siempre es superior a uno que se adquiere, porque el aprendizaje puede ocurrir o no. El tiempo, la energía y la oportunidad de aprender son factores necesarios y no siempre disponibles. Tanto para el niño como para el adulto, las respuestas automáticas programadas suponen una ventaja para la supervivencia, pero a medida que se avanza en la vida, la flexibilidad frente al cambio también es ventajosa. El entorno físico no es estable. Ocurren terremotos, erupciones volcánicas, glaciaciones, sequías, hambrunas, etcétera. Se producen cambios y surge lo inesperado. Como señala el filósofo David Papineau, «por lo general, cabe esperar que se favorezca la fijeza genética cuando existe estabilidad ambiental a largo plazo y que se seleccione el aprendizaje cuando hay entornos variables. En circunstancias de estabilidad ambiental, la fijeza genética ofrece [...] las ventajas de la adquisición fiable y económica. Pero estas ventajas presentan la contrapartida de la pérdida de flexibilidad cuando existe una inestabilidad ambiental significativa».[24] El entorno social también puede ser inestable, como lo ponen de manifiesto los cambios notables en la población y en su distribución geográfica.

En 1896, el psicólogo estadounidense James Mark Baldwin, que trabajaba en el marco de la selección darwiniana, buscó una manera de explicar la evolución de los rasgos que no eran fijos sino que se adquirían durante la vida del organismo. A primera vista, este objetivo recuerda a la genética lamarckiana, la herencia de rasgos adquiridos, pero no es así. Baldwin llegó a la conclusión de que, aunque los rasgos adquiridos no pueden heredarse, sí se hereda la tendencia de adquirir determinados rasgos.[25] (Siguiendo el ejemplo de antes, tenemos la tendencia

de adquirir el miedo a las serpientes pero no tenemos la tendencia de adquirir el miedo a las flores.) La primera mención del efecto Baldwin en las Conferencias Gifford fue en boca de Conrad Waddington en 1971. En suma, el efecto Baldwin es un mecanismo que explica la evolución de la plasticidad fenotípica (de los rasgos observables), la capacidad que permite que un organismo sea flexible en la adaptación de su conducta a los entornos cambiantes. En palabras de los neurobiólogos evolutivos Leah Krubitzer y Jon Kaas:

> Aunque el fenotipo generado es dependiente del contexto, la capacidad de responder al contexto tiene una base genética. [...] En esencia, el efecto Baldwin es la evolución de la capacidad de responder de forma óptima a un entorno determinado. Así surgen genes para la plasticidad en lugar de genes para una característica fenotípica determinada, aunque la selección influye en el fenotipo.[26]

La flexibilidad no se alcanza practicando yoga

Hay dos tipos de mecanismos biológicos que pueden dar lugar al efecto Baldwin: la asimilación genética y la construcción del nicho. Krubitzer y Kaas explican la asimilación genética:

> Una determinada característica fenotípica, óptima para un entorno determinado, puede incorporarse al genoma a lo largo de sucesivas generaciones, dotando de una ventaja selectiva a los individuos que muestran estas características óptimas y que tienen una fuerte correlación entre el espacio genotípico y fenotípico. Posteriormente, esta característica aparece incluso en ausencia de la condición ambiental que la produjo. Este proceso, denominado *asimilación genética* [la cursiva es mía], explica cómo se supeditan al control genético las modificaciones del fenotipo dependientes de la actividad, que así pasan a formar parte del proceso evolutivo.

El otro mecanismo biológico es la construcción del nicho. Este fenómeno aparentemente oculto, la construcción del nicho,[27] ha sido un tema olvidado en la teoría evolutiva hasta tiempos recientes. F. John Odling-Smee, Kevin N. Laland y Marcus W. Feldman están intentando cambiar esta situación:

> Los organismos, a través de sus metabolismos, actividades y decisiones, definen y en parte crean sus propios nichos. También pueden destruirlos parcialmente. Este proceso de modificación ambiental impulsado por el organismo se denomina «construcción del nicho». La construcción del nicho modifica constantemente las fuentes bióticas y abióticas de la selección natural y, de ese modo, genera formas de retroalimentación que transforman la dinámica del proceso evolutivo.[28]

Los ejemplos más notorios de construcción del nicho son los corales y los arrecifes, los castores y sus presas, y, por supuesto, el *Homo sapiens* y París.

Ambos mecanismos biológicos conllevan un tipo de retroalimentación que puede alterar el proceso evolutivo. La gran idea que subyace al efecto Baldwin es que a veces tanto la dirección como el ritmo del cambio evolutivo cambian en virtud de la selección natural y pueden verse afectados por las conductas adquiridas.

Si tenemos en cuenta lo ocurrido en los últimos doce mil años, lo que vemos no es una circunstancia estable sino un entorno cambiante donde la flexibilidad potenciaba la supervivencia. No solo se transformó el paisaje con la desaparición de los glaciares sino que también se produjeron cambios en el modo de vida, la densidad de la población y la organización social. La cuestión que se plantea es si el incremento de las interacciones sociales pudo influir de alguna manera en nuestra evolución. David Papineau expone una idea interesante a este respecto:

> [S]iempre me ha parecido evidente que existe al menos un tipo de caso donde se da [el efecto Baldwin] y es el aprendizaje social de rasgos conductuales complejos. [...] Supongamos que un rasgo conductual complejo P se aprende socialmente: los individuos aprenden P de los demás y no existe ninguna posibilidad de que lo aprendan por sí mismos. Esto crea presiones de selección a favor de aquellos genes que *mejoran* el aprendizaje social de P en los individuos, pero estos genes no tendrían ninguna ventaja selectiva sin la cultura previa de P, dado que esa cultura es necesaria en la práctica para que el individuo aprenda P. Al fin y al cabo, un gen que mejore el aprendizaje social de P no tendrá ninguna ventaja si no existen otras personas de las que se pueda aprender P. Así pues, esto parece un caso de efecto Baldwin: se seleccionan los genes de P precisamente porque P se adquirió con anterioridad a través del aprendizaje social. [...] El aprendizaje social tiene una conexión especial con el efecto Baldwin porque tiende a impulsar estos dos mecanismos [la asimilación genética y la construcción del nicho]. Cuando tenemos aprendizaje social, es probable encontrar casos en los que la construcción del nicho y la asimilación genética impulsan en la misma dirección, produciendo así poderosas presiones biológicas.

La idea es que, una vez que los individuos se agruparon, pasaron a integrarse en un mundo social. Los que respondían mejor a las reglas y prácticas sociales emergentes eran los que tenían más probabilidades de supervivencia y reproducción. Resultaron seleccionados, de una manera causal descendente, por un entorno que en parte era social.

Hasta los monos tienen policías

Los sistemas sociales complejos existen en otras especies, cuya observación aporta pistas sobre cómo surgieron los nuestros. Por ejemplo, Jessica Flack ha observado indicios de la existencia de monos policías.[29] Estos individuos son importantes para lograr la cohesión

del grupo social en su conjunto. No solo ponen fin a los conflictos o reducen su intensidad sino que su presencia impide también la aparición y difusión de los conflictos, además de facilitar las interacciones sociopositivas activas entre los miembros del grupo. Cuando se elimina temporalmente a los macacos policía, hay más conflictos. Como sucede en las sociedades humanas, en presencia de agentes de policía hay menos reyertas en los bares y los conductores reducen la velocidad. Los resultados de sus investigaciones sugieren que la presencia de un policía «influye en la organización social a gran escala y facilita unos niveles de cohesión social e integración que de otro modo serían imposibles».[30] Una red social de macacos es más que la suma de las partes. Un grupo de macacos puede impulsar una sociedad armónica y productiva o una agrupación dividida e insegura de bandas, dependiendo de la organización de sus individuos.

Lo interesante, sobre todo para nuestro objeto de estudio, es la conclusión que extrae esta investigadora:

> Esto significa que la estructura de poder, al posibilitar la gestión eficaz del conflicto, influye en la estructura de la red social y, por tanto, se retrotrae hasta el nivel del individuo para *limitar la conducta individual* [la cursiva es mía]. La organización social del macaco de cola de cerdo no es un epifenómeno sino una estructura causal que modela las interacciones individuales y a la vez es modelada por ellas.

El grupo social limita la conducta individual y la conducta individual define el tipo de grupo social que se desarrolla. Esto nos lleva de nuevo a la idea de que la conducta individual no es solo fruto de un cerebro aislado y determinista sino que está influida por el grupo social.

La domesticación del hombre salvaje

Brian Hare y Michael Tomasello postulan que la limitación de la conducta individual ha provocado cambios genéticos, tal como sugerían en su hipótesis de la reactividad emocional. El chimpancé no suele ser un animal cooperativo. Solo colabora en ciertas situaciones competitivas y solo con determinados individuos. Esto contrasta notablemente con los seres humanos, que son enormemente cooperativos. De no ser así, ¿cómo se habrían construido las pirámides o los acueductos romanos? Hare y Tomasello creen que la conducta social de los chimpancés está limitada por su temperamento y que el temperamento humano es necesario para formas más complejas de cognición social. Con el fin de desarrollar el nivel de cooperación necesario para la supervivencia en grupos sociales grandes, los seres humanos tuvieron que volverse menos agresivos y menos competitivos. Hare y Tomasello creen que los seres humanos pueden haber pasado por un proceso de autodomesticación por el cual el grupo marginaba o mataba a aquellos individuos que eran agresivos o despóticos. Así se modificó el acervo génico, lo que dio lugar a la selección de los sistemas que controlaban (es decir, inhibían) la reactividad emocional como la agresión. (Posteriormente veremos que, según se ha podido observar, un área del córtex prefrontal derecho inhibe la conducta interesada.) El grupo social limitaba la conducta e influía en el genoma.

La hipótesis de la reactividad emocional de Hare y Tomasello se desarrolló a partir del trabajo del genetista ruso Dmitry Belyaev, que en el año 1959 inició en Siberia un programa de domesticación de zorros que todavía hoy continúa. Siguió un único criterio en su proceso de selección reproductiva: escogió a los zorros jóvenes que más se aproximaban a su mano tendida. Así seleccionó la conducta audaz y no agresiva ante los seres humanos. Al cabo de pocos años, los frutos de este proceso de selección eran similares a los que se ve

en los perros domésticos. Los zorros tenían las orejas caídas, la cola levantada, coloraciones blancas y negras como el border collie, un período reproductivo prolongado y excrementos de mayor tamaño; las hembras mostraban niveles superiores de serotonina (que reducen ciertos tipos de conducta agresiva), y se habían alterado los niveles de muchos elementos químicos del cerebro que regulan el estrés y la conducta agresiva.[31] Estos zorros domesticados respondían con la misma destreza que los perros domésticos a los gestos comunicativos humanos con la mano o con la mirada.[32] Todas estas características se asociaban con el gen ligado a la inhibición del miedo. Parece que en los zorros objeto del experimento se ha producido una evolución sociocognitiva como consecuencia de la selección de los sistemas que intervienen en el miedo y la agresión. Se cree que la domesticación del perro ocurrió mediante un proceso similar. Los perros salvajes que menos temían a los seres humanos eran los que se aproximaban a su territorio, escarbaban en busca de comida, se asentaban en la zona y se reproducían. Es posible que los mejores amigos caninos y humanos del hombre se hayan seleccionado de la misma manera.

Social hasta la médula

El gran psicólogo social Floyd Henry Allport declaró: «La conducta socializada es [...] el logro supremo del córtex».[33] Tenía razón. Si lo piensa un momento, comprenderá que el mundo social es nuestro principal foco de interés y que requiere una extraordinaria cantidad de tiempo y energía. ¿Cuándo fue la última vez que no pensó en algo social? No debería sorprenderle que la mayor parte de su pensamiento sea social. ¿Por qué harán eso? ¿Y ella qué estaría pensando? ¡Otra reunión no! ¿Cuándo se casaron? ¿Le gusto? Les debo una cena. Y así sucesivamente. ¡Todo eso nos vuelve locos! Todos estos

pensamientos sociales se reflejan en nuestras conversaciones. Piense en las conversaciones que mantienen otras personas por el teléfono móvil en los lugares públicos. ¿Ha oído alguna vez a alguien hablando sobre la física de partículas o las hachas de piedra prehistóricas? El psicólogo social Nicholas Emler ha estudiado el contenido de las conversaciones y ha concluido que el 80 o el 90 por ciento trata sobre determinadas personas e individuos conocidos, es decir, charlas sobre temas triviales de carácter social.[34] Somos animales sociales hasta la médula.

La teoría de la mente o sé que sabes que creo que...

El nuevo campo de la neurociencia social ha aparecido en escena gracias a que los neurocientíficos hemos empezado a encauzar por fin nuestros trabajos hacia el mundo social. Las complejas interacciones sociales dependen de nuestra capacidad de comprender los estados mentales de los demás y, en 1978, David Premack formuló la idea fundamental que ahora rige gran parte de la labor de la neurociencia sociopsicológica. Observó que los seres humanos tienen la capacidad innata de comprender que los demás tienen una mente con deseos, intenciones, creencias y estados mentales distintos, así como la capacidad de formular teorías, con cierto grado de precisión, sobre dichos deseos, intenciones, creencias y estados mentales. Empleó el término teoría de la mente (TDM) para denominar esta capacidad y se preguntó hasta qué punto la poseían otros animales. El mero hecho de que se plantease esta cuestión lo distingue de casi todos nosotros. La mayoría de la gente supone que los demás animales, sobre todo los que son muy monos con los ojos grandes, tienen una teoría de la mente y muchos proyectamos esta cualidad incluso a los objetos. De hecho, en cuestión de segundos se puede suscitar esta respuesta en presencia de Leonardo, un robot social-

mente programado en el MIT, que mide 75 centímetros y parece un cruce travieso entre un yorkshire terrier y una ardilla. Cuando observamos la conducta de lo que parece un robot autopropulsado y orientado a un objetivo, al igual que los bebés cuando contemplan el triángulo que intenta subir la cuesta, automáticamente atribuimos intenciones al robot y desarrollamos teorías psicológicas, es decir, interpretaciones, sobre por qué Leo se comporta de una manera determinada, lo mismo que hacemos con otras personas (y con nuestras mascotas).

En cuanto comprendemos la fuerza de este mecanismo, de qué modo se activa y cómo lo aplicamos a todas las cosas, desde las mascotas hasta los coches, se entiende mejor por qué el antropomorfismo es un recurso tan fácil y por qué nos cuesta tanto a los seres humanos aceptar que algunos de nuestros procesos psicológicos son únicos. Estamos programados para pensar de otra manera. Después de treinta años de investigaciones inteligentes en busca de una TDM en otros animales, no se han encontrado datos que respalden tal posibilidad. Parece presente en un grado limitado en los chimpancés,[35] pero eso es todo, al menos por ahora. Así pues, aunque usted tenga una teoría sobre su perro, sobre lo que piensa, cree, etcétera, él no tiene una teoría sobre usted y se conforma con rastrear las señales observables: sus movimientos, las expresiones faciales, los hábitos de conducta y el tono de voz, para hacer predicciones a partir de ellas. La TDM se desarrolla plenamente de forma automática en los niños antes de los cuatro o cinco años de edad y hay indicios de que ya se encuentra presente de modo parcial[36] o incluso total en los niños de dieciocho meses.[37] Curiosamente, los niños y los adultos con autismo presentan déficits en la teoría de la mente y tienen dañada la capacidad de razonar sobre los estados mentales de los demás,[38] lo que merma indudablemente sus aptitudes sociales.

Las neuronas espejo y la comprensión de los estados mentales

A mediados de los años noventa, cuando Giacomo Rizzolatti y sus colegas investigaban las neuronas asociadas al acto de agarrar objetos en los monos macacos, descubrieron algo bastante notable y enseguida se percataron de que habían detectado los orígenes corticales del proceso por el que un animal es capaz de valorar el estado mental de otro. Observaron que, cuando un mono coge una uva, se dispara la misma neurona que cuando el mono observa que otro individuo coge una uva.[39] Las denominaron neuronas espejo y son uno de los mayores descubrimientos recientes de la neurociencia. Se trataba de la primera prueba concreta de que existe un vínculo neuronal entre la observación y la imitación de un acto, un sustrato cortical para entender y valorar las acciones de los demás. Desde estas primeras observaciones, se han identificado en los seres humanos unos sistemas neuronales especulares que son bastante distintos y mucho mayores que los del macaco. Las neuronas espejo del mono se reducen a los movimientos de la mano y la boca y solo se disparan cuando existe una acción enfocada hacia un objetivo, lo cual explica que los monos tengan unas capacidades de imitación muy limitadas. En cambio, en los seres humanos existen neuronas espejo que se corresponden con los movimientos de todo el cuerpo y se disparan aunque no exista objetivo;[40] de hecho, se activan las mismas neuronas aunque solo imaginemos la acción. Las neuronas espejo participan no solo en la imitación de las acciones sino también en la comprensión de la intención de las acciones.

Comprensión de las emociones del otro

Vamos entendiendo paulatinamente las ramificaciones de los sistemas especulares humanos, que tienen importantes implicaciones. Se cree que son la base neuronal no solo de la comprensión de las acciones sino también de la comprensión emocional. En la ínsula los seres humanos tenemos sistemas especulares, que participan en la comprensión y la experimentación de las emociones ajenas, a través de la respuesta visceromotora.* Tales sistemas, que reproducen internamente, de forma inconsciente, las acciones y las emociones, pueden ser el mecanismo que nos aporta una comprensión implícita de *cómo* se sienten y *qué* sienten o hacen los demás, y aportan señales utilizadas por el intérprete para teorizar sobre las causas (el *porqué*) de las acciones y emociones ajenas. Esto se denomina teoría de la simulación: percibimos a través de los sentidos un estímulo emocional (por ejemplo, vemos el gesto de miedo en la cara de una persona), nuestro cuerpo responde automáticamente simulándolo (automáticamente imitamos el gesto de miedo, lo que provoca que el sistema visceromotor genere una descarga de adrenalina, simulando así la emoción), lo cual puede llegar a recabar nuestra atención o puede pasar inadvertido. Si nos llama la atención, el intérprete inventa una causa para explicar el sentimiento emocional. Imagine que su amiga responde al teléfono y de pronto se le dibuja en la cara una expresión de felicidad. Al verla, usted también sonríe, pues refleja la expresión de su amiga y recibe la misma respuesta visceromotora. No necesita oír la otra parte de la conversación para saber lo que siente su amiga. Ya lo sabe. Llega a la conclusión de que acaban de ofrecerle el trabajo que anhelaba. Comprendemos los esta-

* La respuesta de la parte del sistema motor que controla la actividad involuntaria de las fibras musculares lisas, los músculos del corazón y las glándulas (que secretan hormonas).

dos de los demás simulándolos en nuestro cerebro y nuestro cuerpo.

Estos tipos de reacciones especulares se han demostrado mediante escáneres de fMRI. Por ejemplo, en las áreas del cerebro que constituyen el sistema del dolor hay conexiones anatómicas sumamente interactivas. Sin embargo, parece que existe una separación entre las percepciones sensoriales (el ¡ay!) y emocionales (la ansiedad del «¡oh, no, eso duele!») del dolor. Los escáneres de fMRI indican que tanto el observador como el receptor del dolor tienen actividad en la zona del cerebro que se activa con la percepción emocional del dolor, pero solo el receptor tiene actividad en la zona que se activa con la experiencia sensorial.[41] Cuando vemos que otra persona está dolorida, sentimos la ansiedad pero no el dolor en sí. En otro experimento con resonancia magnética, primero se escaneó a los sujetos mientras experimentaban dolor (estímulos calientes o fríos) de diversas magnitudes para ver a qué zonas del cerebro afectaba. La actividad de una de las zonas del dolor se modulaba según la reactividad de los sujetos al dolor: a mayor dolor, mayor actividad. Después simplemente se les mostraban fotografías de personas que experimentaban dolor (como un golpe en un dedo del pie) y los sujetos valoraban la intensidad del dolor que, a su juicio, sufrían esas personas. Se activaban las mismas zonas en el mismo grado cuando sentían el dolor y cuando veían una imagen dolorosa que valoraban con una magnitud equivalente.[42] En conjunto, estos experimentos refrendan la idea de que, con el fin de entender los estados mentales de los demás, simulamos literalmente dichos estados.

Imitación inconsciente o mimetismo

La cara es nuestro rasgo social más destacado. Refleja nuestros estados emocionales, pero, como hemos visto, también reacciona ante los estados emocionales de los demás. Una exposición de treinta milisegun-

dos (ms) a caras felices, neutrales y enfadadas (a una rapidez excesiva para registrar conscientemente que se ha visto una cara) provoca reacciones musculares faciales verificables que se corresponden con las caras felices y enfadadas[43] (estos estudios se desarrollaron en situaciones no sociales, un factor de gran relevancia, como veremos más adelante). Nos referimos a la imitación no consciente, al mimetismo. Imitamos constantemente a los demás, pero es algo que sucede tan rápido que no llegamos a percibirlo.[44] Imitamos inconscientemente las expresiones faciales, las posturas, la entonación vocal, los acentos[45] y hasta las palabras o los dejes verbales de los demás.[46] No solo copiamos inconscientemente los ademanes ajenos sino que mantenemos una interacción más fluida con los desconocidos si estos copian nuestros ademanes. Inconscientemente se forma una conexión y «nos cae bien» la gente que es similar a nosotros. Si nos imitan, somos más serviciales que los individuos no imitados con las personas que están presentes.[47] También solemos estar de acuerdo con aquellos individuos que percibimos como afines.[48] Gracias a la mímica, los bebés copian las expresiones de la madre cuando saca la lengua o sonríe, por ejemplo. El principal efecto de la tendencia de imitar automáticamente las expresiones faciales, las vocalizaciones, las posturas y los movimientos de otra persona es la convergencia emocional con ella, denominada contagio emocional.[49] Cuando un recién nacido llora en la maternidad y desata el llanto de los demás bebés, ya muestran signos de contagio emocional.

Evidentemente, toda esta conducta mimética engrasa la maquinaria de las interacciones sociales e incrementa la conducta social positiva. La vinculación de las personas mediante la potenciación de la conducta prosocial puede tener un valor adaptativo como aglutinante social que mantiene el grupo unido y fomenta la seguridad de la masa.

Sin embargo, cuando entra en escena la competencia o miembros de un grupo diferente, las cosas cambian. La gente no imita las

caras de las personas con las que compite[50] ni de los políticos con los que no comulga.[51] Más recientemente se ha observado que la relación entre el observador y el observado es relevante para las reacciones miméticas y que no todas las expresiones emocionales se imitan en el mismo grado.[52] A diferencia de la felicidad, que siempre se imita, las expresiones negativas se emulan en función de quién sea la persona imitada. Aunque el mimetismo incrementa el vínculo, no siempre es beneficioso para el individuo, sobre todo si el objeto de la imitación es un competidor por los recursos limitados. De manera que, así como la felicidad, una emoción de bajo coste, siempre se imita porque no es gravosa para el observador, las expresiones emocionales negativas solo se imitan cuando las muestra un miembro del propio grupo, porque la imitación de la tristeza (ofrecer ayuda) o el enfado (señalar la amenaza o expresar afiliación) puede salirte cara. De hecho, los hombres solo confían su tristeza a las personas con las que existe una doble afiliación: parentesco y pertenencia al mismo grupo.[53] Parece que el mimetismo no es algo puramente automático y reflejo sino que a veces se refrena en función del contexto social. Se trata de un signo de afiliación que desempeña un papel relevante en el mantenimiento y la regulación de las interacciones sociales, sobre todo dentro de un grupo social.

En cambio, la imitación voluntaria es algo totalmente distinto. Resulta difícil imitar conscientemente a una persona porque la conducta consciente es lenta. La imitación consciente produce un efecto falso y resta sincronía a la comunicación. Sin embargo, es una vía formidable de transmisión en nuestra especie y también un potente mecanismo de aprendizaje y aculturación.[54] Los seres humanos somos los mayores imitadores voluntarios del reino animal. Somos, de hecho, sobreimitadores. Los chimpancés también imitan voluntariamente, pero siempre con un objetivo o recompensa, mientras que los niños copian acciones que no les reportan ninguna recompensa. Los chimpancés pueden imitar a una persona que atraviesa

una tabla para coger un plátano, pero nunca imitarán a alguien que anda de puntillas, como haría un niño. Los niños son máquinas de imitar y, por ello, los padres deben tener cuidado con lo que dicen y hacen, pues, si no, el crío acabará diciendo tacos como un camionero. La ubicuidad de la imitación en el mundo humano contrasta con su rareza en el reino animal. Parece que existe en cierto grado en los grandes simios, algunas aves y tal vez en los delfines.[55] De los miles de monos que se han estudiado, solo se ha suscitado la imitación voluntaria[56] en dos monos japoneses tras muchos años de intenso adiestramiento.[57]

Morales por naturaleza

Reflejamos, imitamos, simulamos emociones. Nos comunicamos en numerosos sentidos para sobrellevar las complejidades sociales del mundo humano. Aun así, ¿cómo es que en general nos llevamos bien, que los seis mil setecientos millones de personas de este planeta no estamos constantemente como el perro y el gato? ¿Dependemos de la conducta adquirida y el razonamiento consciente o poseemos un sentido innato de la conducta apropiada? ¿Tiene nuestra especie un sentido moral innato que se desarrolló a medida que nos agrupamos para sobrevivir? ¿No es bueno matar porque estamos programados para pensar así o porque Dios, Alá, Buda o el gobierno nos dice que no lo hagamos? Estas cuestiones sobre si tenemos o no un sentido innato de la conducta moral no son nuevas. David Hume se preguntó lo mismo en 1777: «Hay una controversia, surgida recientemente, [...] en torno a los fundamentos generales de la moral, esto es, si derivan de la razón o del sentimiento; si llegamos a su conocimiento a través de una serie de argumentos y de inducciones o por la vía de un sentimiento inmediato y de un agudo sentido interior».[58] Aunque los filósofos y los líderes religiosos han debatido este

asunto durante siglos, hoy la neurociencia dispone de herramientas y datos empíricos que nos ayudan a encontrar una respuesta.

El antropólogo Donald Brown[59] recopiló una lista de universales humanos en la que se incluían muchos conceptos comunes a las distintas culturas relacionados con lo que se considera la conducta moral. Entre ellos cabe citar, por ejemplo, los siguientes: la justicia; la empatía; la diferencia entre el bien y el mal y la corrección del mal; el elogio y la admiración por la conducta generosa; la prohibición del asesinato, el incesto, la violación y la conducta violenta; los derechos y las obligaciones, y la vergüenza. El psicólogo Jonathan Haidt, con el ánimo de incluir lo que es común a todos los sistemas morales, no solo al pensamiento occidental, ha elaborado la siguiente definición: «Los sistemas morales son conjuntos interrelacionados de valores, virtudes, normas, prácticas, identidades, instituciones, tecnologías y mecanismos psicológicos que en conjunto suprimen o regulan el egoísmo y posibilitan la vida social».[60]

Intuiciones morales

Muchas intuiciones morales son juicios rápidos automáticos acerca de la conducta asociada a los sentimientos fuertes de rectitud o adecuación. No surgen de un proceso evaluativo consciente y deliberado, influido por la razón con todo el tiempo necesario. Si presenciamos que una persona infringe de forma intencional una de las conductas morales universales anteriormente mencionadas, lo más probable es que tengamos una intuición moral sobre esa conducta. Un ejemplo evidente de este tipo de intuición se da cuando vemos a un niño que juega tranquilamente en un cajón de arena de un parque infantil cuando, de pronto, su abuela le pega una bofetada. Desarrollaríamos un juicio inmediato sobre esa conducta: eso está mal, fuera de lugar, es desproporcionado, y probablemente nos in-

dignaríamos. Nuestra reacción sería fácilmente explicable. Sin embargo, este ejemplo no nos ayuda a resolver la cuestión de Hume. Haidt definió una situación diferente y la presentó a diversos tipos de personas:

> Julie y Mark son hermanos. Están de viaje juntos en Francia durante las vacaciones estivales de la universidad. Una noche están solos en una cabaña cerca de la playa. Deciden que sería divertido e interesante hacer el amor. Al menos sería una nueva experiencia para ambos. Aunque Julie ya estaba tomando la píldora anticonceptiva, Mark se pone un preservativo por seguridad. Los dos disfrutan con la experiencia, pero deciden no repetirla. Guardan esa noche como un secreto especial que les hace sentirse más unidos.[61]

¿Está bien que hagan el amor? Haidt compuso el relato con el fin de suscitar los instintos e intuiciones morales. Define las intuiciones morales como «la repentina aparición en la consciencia, o al borde de la consciencia, de un sentimiento evaluativo (agrado-desagrado, bueno-malo) sobre el carácter o las acciones de una persona, sin un proceso previo de indagación, análisis de datos o inferencia de una conclusión».[62] No obstante, en este contexto, aporta también una respuesta racional a todas las posibles objeciones. Haidt sabía que la mayor parte de la gente diría que esa conducta no estaba bien y que era algo repugnante, como en efecto ocurrió, pero quería llegar al fondo del razonamiento que todos seguimos, si es que existe. ¿Por qué está mal? ¿Qué nos dice el cerebro racional? Como cabía esperar, muchos respondieron que la endogamia podía engendrar niños deformes o que los hermanos podían hacerse daño emocional. Sin embargo, estas objeciones ya estaban previstas en el guión inicial. Haidt observó que la mayor parte de los entrevistados acababa diciendo: «No lo sé, no puedo explicarlo, pero sé que está mal». ¿Se trata de un juicio racional o intuitivo? Aprendimos la norma moral

de que el incesto está mal a través de nuestros padres, la religión o la cultura o, por el contrario, se trata de una norma programada, innata, que no podemos anular con argumentos racionales.

Todas las culturas tienen tabúes relacionados con el incesto, reconocido universalmente como una conducta humana errónea. Como los seres humanos no pueden reconocer automáticamente a sus hermanos mediante signos visuales (de ahí todas esas películas donde un hermano y una hermana se crían por separado, se encuentran casualmente y se enamoran), el antropólogo finlandés Edward Westermarck sugirió, en 1891, que los seres humanos han desarrollado un mecanismo innato, normalmente activo, que disuade del incesto. Este mecanismo provoca que un individuo sienta aversión o poco interés sexual por aquellas personas con las que ha pasado mucho tiempo en la infancia.[63] Esta norma predice que los amigos de la infancia y los hermanastros que se crían juntos, al igual que los hermanos, no se casan entre sí, tal como se ha corroborado en los estudios sobre esta cuestión.[64]

La psicóloga evolutiva Debra Lieberman amplió estos descubrimientos.[65] A Lieberman le interesaba investigar cómo se generalizan los tabúes del incesto personales —«El sexo con mi hermano no está bien»— en una oposición general —«El incesto no está bien para nadie»— y si este proceso es espontáneo o adquirido. Observó que la actitud moral del individuo contra el incesto en general aumenta en función del tiempo que ha pasado ese individuo bajo el mismo techo con su hermano (de sangre, adoptivo o hermanastro) y que no aumenta por la instrucción social o parental aprendida, ni tampoco por el grado de parentesco existente con el hermano.

El rechazo del incesto no es una conducta adquirida racionalmente ni una actitud inculcada por los padres, los amigos o un profesor religioso. Si fuera una conducta racional, no se aplicaría a los hermanastros ni a los hermanos adoptivos. Se trata de un rasgo que ha seleccionado la evolución porque en la mayor parte de las

situaciones evita el engendrar crías menos sanas como consecuencia de la endogamia y la aparición de genes recesivos. Se trata de un rasgo innato, por ello es universal en todas las culturas.

Sin embargo, el cerebro racional consciente no sabe que tenemos un sistema innato de rechazo del incesto. Lo único que sabe es que esos hermanos mantienen relaciones sexuales y eso no está bien. Cuando nos preguntan «¿Por qué no está bien?», nuestro intérprete, a partir de la información con la que cuenta, que normalmente no incluye la bibliografía más reciente sobre el rechazo del incesto pero sí ese sentimiento de desagrado, intenta explicarlo y se le ocurren muy diversas razones.

El viejo dilema del tranvía

Mediante un enfoque acerca de la cuestión de si existe un razonamiento moral universal, Marc Hauser y sus colegas plantearon en internet el clásico dilema del tranvía, expuesto por los filósofos Philippa Foot y Judith Jarvis Thomson. Hauser predijo que, si los juicios morales eran consecuencia de un proceso racional, las personas de distintas edades y culturas tendrían respuestas diferentes para los problemas morales abstractos. ¿Cuál es su respuesta?

> Un tranvía circula sin control y se aproxima hacia cinco personas que morirán si el vehículo mantiene la misma trayectoria. Denise, una pasajera que va en el tranvía, tiene ocasión de salvarles la vida pulsando un interruptor que desviará el tranvía por una vía diferente, donde solo matará a una persona en lugar de cinco. ¿Debe pulsar el interruptor y desviar el tranvía con el fin de salvar a cinco personas a expensas de una?

De las más de doscientas mil personas que respondieron en todo el mundo, el 89 por ciento afirmó que estaba bien que Denise pulsase el interruptor, pero después les plantearon la siguiente pregunta:

> Como antes, el tranvía amenaza con matar a cinco personas. Frank se encuentra en un puente peatonal que cruza el ferrocarril, entre el tranvía que viene y los cinco obreros que trabajan en las vías, y tiene a su lado a un desconocido de gran estatura. Si empuja al desconocido y lo tira a las vías, detendrá la marcha del tranvía. El desconocido morirá, pero se salvarán los cinco obreros. ¿Está bien que Frank salve a los cinco obreros matando a este desconocido?

El 89 por ciento de los entrevistados respondió que no. Es asombrosa la coincidencia en todos los grupos culturales y de edad, así como la dicotomía en la respuesta, cuando en realidad las cifras (salvar a cinco personas permitiendo la muerte de una) no varían entre los dilemas. Cuando se pide a los encuestados que razonen su respuesta, ofrecen diversas explicaciones, ninguna especialmente lógica. Por lo que sabemos sobre el módulo intérprete, cabría esperar que hubiera todo tipo de explicaciones. Al neurocientífico no le importan cómo se formulan estas respuestas, pero se pregunta si existen centros o sistemas de razonamiento moral en el cerebro, qué tipo de dilemas los activan y qué zonas del cerebro intervienen cuando se toman las decisiones morales.

Joshua Greene y sus colegas se preguntaron si se utilizaba la misma parte del cerebro en ambas circunstancias, así que escanearon a los sujetos en un experimento con neuroimagen mientras decidían sus respuestas. Con el primer dilema, que era de carácter impersonal (pulsar un interruptor), se incrementaba la actividad en las áreas asociadas con el razonamiento abstracto y la resolución de problemas, mientras que en el segundo caso, que era un dilema personal (había que tocar físicamente y empujar a un desconocido), se incrementaba la actividad en las áreas cerebrales asociadas con la emoción y la cognición social.[66] Había dos interpretaciones distintas de estos resultados. Ya he insinuado dónde radica la diferencia para Greene: lo impersonal frente a lo personal. Marc Hauser no estaba

convencido y sostenía que había demasiadas variables en estos dilemas como para limitarlas a la dicotomía personal frente a la impersonal. Las respuestas podían explicarse también desde el punto de vista de que los medios no justifican los fines: el principio filosófico de que es permisible causar daños a raíz de la consecución de un bien mayor, pero no utilizar el daño para alcanzar ese objetivo.[67] Por tanto, se juzga la acción según las intenciones. En cada una de las dos interpretaciones, la idea subyacente es que en ciertas circunstancias existen límites morales que son universales y nos disuaden de llevar a cabo determinados actos.

El juicio moral y las emociones

Antonio Damasio y su grupo lograron responder a la pregunta de si las respuestas emocionales desempeñaban un papel causal en los juicios morales.[68] Tenían un grupo de pacientes con lesiones en una zona del cerebro necesaria para la generación normal de las emociones, el córtex prefrontal ventromedial (CPVM). Estos pacientes tenían defectos tanto en la respuesta emocional como en la regulación de las emociones, pero mostraban niveles normales de inteligencia general, razonamiento lógico y conocimiento declarativo de las normas sociales y morales. El equipo de Damasio estableció la tesis de que, si las respuestas emocionales (en las que interviene el CPVM) influyen en el juicio moral, estos pacientes harían juicios utilitarios sobre las situaciones morales personales (el segundo dilema del tranvía), pero tendrían un patrón de juicio normal en las situaciones morales impersonales. Mientras se realizaba el escáner, los pacientes respondían preguntas sobre situaciones que requerían una decisión poco conflictiva, como, por ejemplo: «¿Está bien matar al jefe?». Tanto los controles normales como las personas con lesiones respondían: «No, es una locura, eso no está bien». En cambio, las cosas

cambiaron cuando la pregunta planteaba dilemas morales personales sumamente conflictivos (donde competía el bienestar general con el daño a los demás), que normalmente suscitaban una fuerte emoción social. Además del segundo dilema del tranvía, otra pregunta similar era la siguiente: «Durante una brutal guerra, usted se esconde de los soldados enemigos en una sala con otras diez personas entre las que se encuentra un bebé. El bebé empieza a llorar y su llanto puede delatar el escondrijo. ¿Está bien asfixiar al bebé para que los soldados no descubran y maten a las otras nueve personas?». Con este tipo de pregunta, el juicio y el tiempo de reacción de los pacientes de CPVM diferían sensiblemente con respecto a los controles. Todos ellos eran más prácticos y rápidos en sus respuestas, que carecían de reacción emocional ante las situaciones: «Claro, hay que empujar al gordo, y claro, hay que asfixiar al bebé».

Las emociones morales, las racionalizaciones morales y el intérprete

Jonathan Haidt sostiene que primero se produce la reacción ante el dilema, como consecuencia de una emoción moral inconsciente, y después se justifica en retrospectiva. Aquí interviene el intérprete, que propone una racionalización moral a través de la información procedente de la cultura, la familia, el aprendizaje y otros elementos del entorno del individuo. Aunque es posible, no solemos desarrollar un *razonamiento* moral. Esto solo ocurre cuando cambiamos de perspectiva, cuando nos ponemos en la piel de otra persona. Marc Hauser sugiere que nacemos con normas morales abstractas y una predisposición para adquirir otras, al igual que nacemos con una predisposición para adquirir el lenguaje, y después el entorno, la familia y la cultura nos orientan hacia un sistema moral concreto y para una lengua determinada.

Pero pensemos en la situación del tranvía de Steven Pinker:

> Un tranvía circula sin control y está a punto de matar a una profesora. Podemos desviar el tranvía por una vía muerta, pero entonces derribará unas agujas que lanzan a una clase de niños de seis años una señal por la que se les autoriza a llamar *Mahoma* a un oso de peluche. ¿Es permisible pulsar el botón?
>
> No es ningún chiste. El mes pasado una mujer británica que daba clases en un colegio privado de Sudán permitió a los alumnos que le pusieran a un oso de peluche el nombre del chico más popular de la clase, que a su vez llevaba el nombre del fundador del Islam. La encarcelaron por blasfemia y amenazaron con someterla a una flagelación pública, mientras que una muchedumbre congregada en el exterior de la prisión reclamaba su muerte. Para los manifestantes, la vida de la mujer tenía menos valor que el ensalzamiento de la dignidad religiosa: su juicio sobre si está bien desviar el hipotético tranvía habría sido distinto del nuestro. La gramática que guía los juicios morales de la gente no puede ser tan universal. Quien no se haya dormido en la clase de introducción a la antropología podrá aportar muchos otros ejemplos.[69]

Aunque la objeción de Pinker plantea un problema, no es imposible encajar todo esto con nuestra teoría de la conducta moral innata universal: solo tenemos que considerar la influencia de la cultura, con la ayuda de Jonathan Haidt y su colega.

Módulos morales universales

Haidt y Craig Joseph han elaborado una lista de modelos morales universales después de comparar varios trabajos sobre los universales humanos, las diferencias culturales en la moralidad y los precursores de la moralidad en los chimpancés. Los cinco módulos tienen que

ver con el sufrimiento (es bueno ayudar y no hacer daño a los demás), la reciprocidad (de la que deriva el sentido de la justicia), la jerarquía (el respeto a los mayores y a quienes tienen autoridad legítima), los vínculos asociativos (la lealtad al grupo) y la pureza (el elogio de la limpieza y el rechazo de la contaminación y la conducta sexual).[70] Los juicios morales intuitivos surgen de estos módulos, que se desarrollaron para afrontar las circunstancias específicas comunes a nuestros antepasados cazadores recolectores, que vivían en un mundo social constituido por grupos mayoritariamente emparentados, unidos por la supervivencia. De vez en cuando se encontraban con otros grupos, unos hostiles, otros no, unos más emparentados que otros y todos enfrentados a los mismos problemas de supervivencia: los recursos limitados, la necesidad de comer y de no ser comidos, la búsqueda de refugio, la reproducción y el cuidado de las crías. A menudo afrontaban dilemas en sus interacciones y algunas de esas circunstancias planteaban lo que hoy consideramos cuestiones morales o éticas. La supervivencia del individuo dependía, por una parte, de la supervivencia del grupo que le ofrecía la protección de la masa y, por otra, de sus cualidades personales dentro del grupo social y con el mundo físico. Los individuos y los grupos que sobrevivían y se reproducían eran los que sobrellevaban con más éxito tales cuestiones morales. Así lo describe Darwin:

> Una tribu formada por muchos miembros que, debido a su alto grado de patriotismo [coaliciones], fidelidad [coaliciones], obediencia [respeto a la autoridad], valentía y compasión [sufrimiento], siempre estuvieran dispuestos a ayudarse entre sí [reciprocidad] y a sacrificarse por el bien común [coaliciones], saldría victoriosa frente a las otras tribus, y esto sería selección natural. A lo largo del tiempo y en todo el mundo, unas tribus han suplantado a otras y, como la moralidad es un elemento importante de la victoria, en todas partes tenderá a elevarse el nivel de moralidad, así como el número de hombres virtuosos.[71]

Las virtudes no son universales

La lista de módulos morales de Haidt y Joseph —y, en consecuencia, lo que consideran los fundamentos morales de las diversas sociedades— es más amplia que la que definen otros psicólogos occidentales. Y lo atribuyen a la influencia no solo de la cultura occidental sino también a la cultura de las universidades políticamente liberales en las que se formaron. Sugieren que los dos primeros módulos, centrados en el individuo, son los fundamentos de la cultura occidental y la ideología liberal, mientras que los tres módulos restantes, que giran en torno a la supervivencia del grupo, también forman parte de la moralidad de los conservadores y de otras culturas del mundo.

Aunque los modelos morales son universales, no ocurre lo mismo con las virtudes, que se basan en una mezcolanza de estos módulos. Las virtudes son lo que una sociedad o una cultura específica valora como conducta moralmente buena que se puede aprender. Cada cultura atribuye distintos valores a los diversos aspectos de los cinco módulos de Haidt. La familia, el medio social y la cultura donde vivimos influyen en la conducta y en el pensamiento individual. Así, lo que una cultura, un partido político o una familia considera virtuoso (moralmente encomiable) no es universal. Y ello es lo que motiva las diferencias culturales en la moralidad y lo que explica el dilema del tranvía de Pinker. Haidt especula que las diferencias entre los partidos políticos estadounidenses se deben a las diferencias en los valores que asignan a los cinco módulos morales.

¿Atribución de creencias al hemisferio derecho?

La neurocientífica Rebecca Saxe consideraba que había algo más que una mera simulación de emociones en el intento de compren-

der las creencias y las posturas morales de los demás o de predecir manipular y sus creencias. Para verificarlo, sus colegas y ella recurrieron al clásico test de falsas creencias mientras escaneaban el cerebro de los sujetos. En el test de falsas creencias, Sally y Anne están en una habitación, Sally esconde una pelota en una caja azul delante de Anne y luego Sally sale de la habitación. Anne se levanta y cambia la pelota a la caja roja. Después Sally vuelve a entrar en la habitación. Los niños menores de cuatro años, cuando se les pregunta dónde cree Sally que está la pelota, después de presenciar lo sucedido afirman que Sally piensa que la pelota está en la caja roja. No entienden que Sally tenga una falsa creencia. Después de los cuatro o cinco años, entienden y dicen que Sally cree que la pelota está en la caja azul. Este mecanismo, que se desarrolla y previsiblemente se activa a los cuatro o cinco años, permite entender que otras personas tienen una falsa creencia. Saxe ha observado que se activa una zona específica del hemisferio derecho cuando los sujetos adultos piensan en las creencias de los demás, cuando se les comunica explícitamente la creencia de alguien por escrito, cuando siguen instrucciones imprecisas para sopesar la creencia de otra persona y cuando les piden que predigan acciones de una persona que alberga una falsa creencia.

Cuando tuve noticia de estos descubrimientos, me extrañó que este mecanismo se localizara en el hemisferio derecho, porque, si la información sobre las creencias de los demás radica en el hemisferio derecho y si, en los pacientes con el cuerpo calloso escindido, la información sobre los demás no puede llegar al hemisferio izquierdo, que es el encargado de la resolución de problemas y el que posee la capacidad del lenguaje, estas personas deberían tener una disrupción en el razonamiento moral. Y no es así. Los pacientes con escisión del cuerpo calloso actúan como cualquier otra persona en este aspecto. Una vez más, mis colegas y yo pusimos a prueba la infinita paciencia de nuestros pacientes. Sabiendo que la representación de

los objetivos de los demás se sitúa en el hemisferio izquierdo, partimos de la idea de que la atribución de creencias de los demás se localiza en el hemisferio derecho y planteamos las siguientes preguntas a los pacientes con el cuerpo calloso escindido:

1. Si Susie, la secretaria, cree que le está echando azúcar al café de su jefe, pero en realidad es un veneno que dejó por error ahí un químico, su jefe se lo toma y muere, ¿es una acción permisible?
2. Si Susie, la secretaria, quiere liquidar a su jefe e intenta echarle un veneno en el café, pero en realidad es azúcar, el jefe se lo toma y no le ocurre nada, ¿es permisible?

¿El oyente de estos relatos va a prestar atención únicamente al *resultado* o juzgará los actos en función de las *creencias del actor*? Si a usted o a mí nos plantearan estas preguntas, diríamos que la primera acción era permisible, porque la secretaria *creía* que el café estaba bien. En cambio, la acción de la segunda pregunta no era permisible, porque la secretaria *creía* que el café estaba envenenado. Juzgamos en función de la intencionalidad de la secretaria, las creencias del actor. ¿Cómo respondieron nuestros pacientes con escisión del cuerpo calloso? Debido a la separación de las áreas cerebrales que intervienen en las creencias de los demás y las áreas responsables de la resolución de problemas, el lenguaje y el habla, se predecía que el paciente con el cuerpo calloso escindido solo se preocuparía por los resultados y eso es lo que ocurrió. Juzgaron las situaciones completamente en función de los resultados.

Por ejemplo, después de oír una situación en la que una camarera, creyendo que un cliente es muy alérgica a las semillas de sésamo, se las sirve *conscientemente*, pero el resultado es positivo porque la persona resulta no ser alérgica, J. W. *juzgó que la acción era permisible.* Como los pacientes con escisión del cuerpo calloso funcionan

con normalidad en el mundo real, lo que ocurrió después no nos sorprendió. Al cabo de unos momentos, después de que el cerebro consciente procesase lo que acababa de decir, J. W. racionalizó su respuesta (el intérprete salió al rescate): «Las semillas de sésamo son cosas tan pequeñas que no pueden hacer daño a nadie». Tuvo que precisar la respuesta automática, emitida sin contar con la información acerca del estado de creencias de la camarera, ni con todos sus conocimientos racionales y conscientes sobre lo que es permisible en el mundo.

Inhibición de los intereses

A menudo consideramos que los dilemas relacionados con la justicia son dilemas morales. Un hallazgo fascinante muy conocido guarda relación con lo que se denomina «juego del ultimátum». En este juego participan dos personas y solo durante un turno. Una persona recibe veinte dólares y tiene que compartirlos con el otro jugador, pero decide el porcentaje que le da. Los dos jugadores se quedan con la cantidad de dinero que el primero ofrezca. Ahora bien, si el jugador al que se le ofrece el dinero rechaza la oferta, ninguno de los dos se lleva nada. En un mundo racional, el jugador que recibe la oferta debe aceptarla, porque es el único modo de obtener un beneficio. Sin embargo, no es así como reacciona la gente. Solo aceptan el dinero si consideran que la oferta es justa, es decir, si oscila al menos entre seis y ocho dólares. Ernst Fehr[72] y sus colegas utilizaron un método de estimulación eléctrica transcraneal para alterar el funcionamiento del córtex prefrontal y observaron que, cuando se alteraba la función del córtex prefrontal dorsolateral derecho, la gente aceptaba ofertas más bajas aunque seguía considerándolas injustas. Dado que la supresión de esta área incrementaba las respuestas egoístas ante las ofertas injustas, se deduce que esta

zona normalmente inhibe el propio interés (aceptar cualquier oferta) y reduce el impacto del impulso egoísta en los procesos de toma de decisiones, por lo que desempeña un papel fundamental en la implementación de las conductas justas.

El grupo de Damasio ha logrado obtener, mediante ensayos morales con adultos que presentan lesiones en esta zona desde la infancia, nuevos datos que corroboran la incidencia de esta área cerebral en la inhibición de las respuestas egoístas. Las respuestas de estos sujetos eran excesivamente egocéntricas, al igual que su conducta. Mostraban falta de inhibición egocéntrica e incapacidad de adoptar la perspectiva del otro. Las personas que sufren este tipo de lesiones en la edad adulta, como los pacientes a los que Damasio planteó dilemas morales, son capaces de compensar mejor, lo cual indica que los sistemas neuronales dañados en los primeros años de vida eran fundamentales para la adquisición del conocimiento social.[73]

Se han identificado muchos ejemplos de circuitos morales distribuidos por todo el cerebro. Tenemos muchas respuestas innatas al mundo social, como la empatía automática, la evaluación implícita de los demás y las reacciones emocionales, y todo ello informa nuestros juicios morales. Sin embargo, no pensamos en estas respuestas automáticas ni recurrimos a ellas para explicar nuestras decisiones. Los seres humanos actúan en función de determinados desafíos morales, pero aducen distintas razones para justificarlo. Esto se debe a que existe infinidad de influencias que guían nuestra conducta y nuestros juicios. Entre estas influencias, se cuentan los sistemas emocionales y los sistemas especiales de juicio moral: la conducta moral innata emerge y luego le aportamos una interpretación. Personalmente concedemos credibilidad a dicha interpretación, que se convierte en una parte significativa de nuestra vida, pero lo que desencadena nuestras respuestas son las propiedades universales que todos compartimos.

Parece que poseemos los mismos sistemas y redes morales y ten-

demos a responder de modos similares ante cuestiones similares. No diferimos en la conducta sino en nuestras teorías sobre por qué respondemos como lo hacemos y en el peso que concedemos a los distintos sistemas morales. Comprender que nuestras teorías y el valor que les concedemos son el origen de todos nuestros conflictos sería un gran paso, a mi parecer, para alcanzar un entendimiento entre las personas con distintos sistemas de creencias.

El cerebro humano ha desarrollado circuitos neuronales que nos permiten prosperar en un contexto social. Ya de niños nos formamos juicios, tomamos decisiones y nos comportamos en función de los actos de los demás. Preferimos a aquellas personas que son útiles, o incluso neutrales, antes que a las que entorpecen. Entendemos cuándo otra persona necesita ayuda y colaboramos de forma altruista. Nuestro extenso sistema neuronal especular nos aporta la capacidad de comprender las intenciones y las emociones ajenas y, a partir de esta información, nuestro módulo intérprete elabora una teoría sobre los demás. También utilizamos el mismo módulo para urdir un relato sobre nosotros mismos.

A medida que cambia el contexto social a través de la acumulación de conocimiento sobre nuestra naturaleza, podemos cambiar la forma en que vivimos y experimentamos la vida social, sobre todo con respecto a la justicia y el castigo. En el próximo capítulo veremos cómo incorporamos la dinámica social en la elección personal, cómo descubrimos las intenciones, las emociones y los objetivos de los demás con el fin de sobrevivir, y entenderemos de qué modo el proceso social limita las mentes individuales.

Capítulo 6
NOSOTROS SOMOS LA LEY

El 19 de febrero de 1997, un pintor de brocha gorda llamó al número 911 en Tampa, Florida. Había vuelto sin avisar a la casa de un cliente y por la ventana vio lo que parecía un hombre desnudo estrangulando a una mujer desnuda. Cuando llegó la policía, un vecino dijo que un hombre «salió de la casa tambaleándose. Tenía la camisa desabrochada y el pecho manchado de sangre».[1] El hombre no solo había estrangulado a la mujer sino que la había apuñalado varias veces. Así mató a Roxanne Hayes, madre de tres hijos de edades comprendidas entre los tres y los once años. Él se llamaba Lawrence Singleton, tenía setenta años y ya era conocido en California, donde hacía diecinueve años había violado a una autoestopista de quince años, Mary Vincent, además de cortarle los antebrazos con un hacha y abandonarla a su suerte en una cuneta de Del Puerto Canyon. A la mañana siguiente, dos turistas la encontraron caminando desnuda hacia la interestatal, con los muñones levantados para evitar la pérdida de sangre. La descripción que aportó Vincent de su agresor era tan nítida que, a partir del retrato robot elaborado por la policía, el vecino de Singleton lo identificó. En el juicio lo condenaron a la pena máxima vigente en California, que por aquel entonces era de catorce años, pero al cabo de ocho quedó en libertad condicional por «buena conducta», a pesar de que poco antes de su liberación, en un informe psiquiátrico, se decía lo siguiente: «Como permanece tan ajeno a su hostilidad y su ira, representa una amenaza importante para la seguridad de los demás, dentro y fuera de la prisión».[2] La madre de Mary, Lucy Vincent, dijo

que el padre de Mary llevaba una pistola de calibre 45 y que se le pasaba por la cabeza matar a Singleton.[3] Después de la libertad condicional, Mary estaba asustada por dos motivos: Singleton había enviado varias cartas amenazadoras al abogado de Mary desde la cárcel y, cuando Mary pasó por delante de él en el juicio después de prestar declaración, Singleton le había espetado: «Acabaré contigo aunque me cueste el resto de mi vida».[4] Después de la libertad condicional, a ella le daba miedo permanecer en un lugar demasiado tiempo y tenía numerosos guardaespaldas.

En 1997 Mary declaró a un periodista del *St. Petersburg Times:* «No estoy suficientemente paranoica». No solo Mary estaba paranoica. Después de la libertad condicional, hubo airadas manifestaciones en todas las poblaciones californianas donde las autoridades de prisiones intentaron que se estableciera Singleton. Al final se alojó en una caravana situada en los terrenos de la prisión de San Quentin hasta el final de la libertad condicional. La indignación social en California por la libertad condicional de Singleton dio lugar a un proyecto de ley que impedía la liberación anticipada de los agresores que hubieran cometido delitos con el agravante de ensañamiento y se amplió la pena de veinticinco años a cadena perpetua.[5] Singleton murió de cáncer en el corredor de la muerte de Florida en 2001. Mary Vincent declaró a un periodista que la detención y la muerte del culpable le infundieron una «tremenda sensación de libertad», pero que seguía teniendo pesadillas y miedo al irse a la cama. «Me he roto huesos al moverme asustada por las pesadillas. He saltado y me he dislocado el hombro al intentar levantarme de la cama. Me he roto costillas y me he destrozado la nariz.»[6] Ahora es una artista que lucha por mantener a sus dos hijos, divorciada y con unas prótesis que ha modificado mediante piezas de frigoríficos y equipos de música rotos.

Mientras usted lee esto, ¿qué sensaciones y pensamientos le inspira Larry Singleton? ¿Le gustaría que lo hubiesen encerrado de por

vida (incapacitación)? Si usted hubiera sido el padre de Mary, ¿habría querido matarlo (castigo)? ¿O habría querido perdonarle, transmitirle que lamentaba que su cerebro no fuera capaz de inhibir sus tendencias agresivas naturales y que quizá con algún tratamiento podría ser más prosocial (rehabilitación)? La incapacitación, el castigo y la rehabilitación son las tres opciones que tiene una sociedad para afrontar la conducta criminal. Cuando la sociedad reflexiona sobre la seguridad ciudadana, debe elegir la perspectiva desde la que aprueba y aplica la legislación: el castigo, un enfoque centrado en la pena impuesta al individuo, o el consecuencialismo, un enfoque utilitario que escoge lo que conlleva mejores consecuencias para la sociedad.

A medida que la neurociencia se aproxima a una comprensión fisicalista del procesamiento cerebral, se empiezan a cuestionar algunas ideas populares sobre la conducta criminal y sobre cómo afrontarla. El determinismo pone en entredicho algunas creencias arraigadas sobre lo que significa la responsabilidad personal y algunos investigadores defienden la postura extrema de que los seres humanos nunca son responsables de sus actos. Tales ideas cuestionan los fundamentos que regulan la vida en los grupos sociales. ¿Se debe exigir responsabilidades a la gente por su conducta? En caso negativo, parece que empeoraría la conducta, del mismo modo que la lectura sobre el determinismo incrementa las trampas en los ensayos, según vimos en el cuarto capítulo, y afectaría de forma adversa a la sociedad en general. ¿Es la responsabilidad lo que nos mantiene civilizados? La neurociencia tiene mucho que decir sobre estas cuestiones y ya empieza a intervenir en los tribunales (prematuramente, en opinión de la mayor parte de los neurocientíficos).

Los californianos consideraban que no se debía conceder la libertad condicional a Singleton, porque representaba una amenaza y no lo querían ni ver en sus municipios. También pensaban que determinadas conductas merecían más años de reclusión. Por desgra-

cia, en este caso, tenían razón y el comité de libertad condicional se equivocó. Más recientemente, el sistema jurídico ha recurrido a la neurociencia en busca de respuestas en diversos ámbitos: la predicción de la amenaza futura de una persona (reincidencia), la determinación de si es posible el tratamiento y la decisión sobre qué nivel de certeza es aceptable en cuanto a estas determinaciones. ¿Algunos crímenes son demasiado espantosos como para conceder la libertad? La neurociencia intenta esclarecer por qué tenemos reacciones emocionales contra la conducta antisocial o criminal. Esto nos conduce a plantearnos si podemos o debemos enmendar nuestras reacciones, que son fruto de la evolución, cuando las conozcamos mejor. ¿Estas emociones son los escultores de una sociedad civilizada? ¡Nos queda mucho trabajo por hacer!

El título de este capítulo, «Nosotros somos la ley», me lo sugirió el filósofo Gary Watson, quien señaló que, a medida que reflexionamos sobre nosotros mismos, definimos las reglas que rigen nuestra vida. Si Michael Tomasello y Brian tienen razón en que nos hemos domesticado a lo largo de miles de años condenando a la exclusión y la muerte a quienes eran demasiado agresivos, eliminándolos del acervo génico y modificando así nuestro entorno social, hemos establecido reglas que rigen la vida de los grupos y las hemos aplicado a lo largo de nuestra historia evolutiva. Si, como consecuencia de los descubrimientos en diversas ramas de las investigaciones neurocientíficas, hemos llegado a concebir de un modo diferente nuestra persona, nuestras conductas y motivaciones, respecto de la visión que imperaba hace doscientos o trescientos años, podemos optar por reconstruir nuestro marco social. Y con ello se concluye que nosotros somos la ley porque creamos las leyes. Tenemos una postura equilibrada por las concepciones innatas del pensamiento moral y las ideas específicas de cada cultura. En el análisis de los mecanismos por los cuales el cerebro habilita la mente, se nos pide que decidamos si conviene formular una creencia diferente sobre la naturaleza

del hombre, sobre lo que vemos y sobre cómo debemos interactuar. Inevitablemente tendremos que sopesar si sería o no beneficioso modificar nuestra estructura jurídica.

Hasta el momento hemos visto que la mente limita el cerebro y hemos llegado a entender que el proceso social limita las mentes individuales. En este capítulo vamos a ver que las perspectivas derivadas de la neurociencia sobre la condición humana tienen un impacto cultural en la legislación y en nuestros conceptos de responsabilidad y justicia. Las cuestiones que se están debatiendo conciernen a los fundamentos del sistema jurídico: ¿es necesaria nuestra inclinación natural por la represalia o es suficiente la responsabilidad utilitaria?, ¿está justificado el castigo? No quiero mantener más tiempo el suspense. Estas cuestiones todavía carecen de respuesta, pero han pasado a ocupar el primer plano de las investigaciones sobre el cerebro y sobre lo que el mismo nos dice acerca de la naturaleza humana. Al igual que los sistemas morales, como veremos, el sistema jurídico actual surgió a partir de las intuiciones innatas forjadas por la evolución.

La cultura y los genes afectan a la cognición

La cultura a la que pertenecemos desempeña una función relevante en la definición de algunos procesos cognitivos. Richard Nisbett y sus colegas, que han investigado esta idea, postulan que los asiáticos orientales y los occidentales utilizan procesos cognitivos diferentes en el pensamiento sobre determinadas cosas, y que los orígenes de estas diferencias radican en los sistemas sociales divergentes, uno de ellos surgido de la civilización de la antigua China y el otro de la antigua Grecia.[7] Consideran que los antiguos griegos no son comparables a ninguna otra civilización antigua, pues, entre otras cosas, adoptaron una perspectiva extraordinaria que localizaba el poder en

el individuo. A propósito de estas observaciones, Nisbett apunta lo siguiente:

> Los griegos, más que ningún otro pueblo antiguo, y de hecho más que la mayor parte de los pueblos existentes hoy en el planeta, tenían un sentido extraordinario de la *agentividad* personal, el sentido de que estaban a cargo de sus propias vidas y de que eran libres de actuar según sus propias decisiones. Para los griegos, una definición de la felicidad era que consistía en ser capaces de ejercer el propio poder en busca de la excelencia en una vida sin restricciones.[8]

En cambio, los antiguos chinos hacían hincapié en la obligación social o la agentividad colectiva.

> El equivalente chino de la agentividad griega era la *armonía*. Cada chino era, ante todo, miembro de un colectivo o de varios colectivos: el clan, el pueblo y, sobre todo, la familia. El individuo no era, como para los griegos, una unidad encerrada en sí misma que mantenía una identidad única en los distintos contextos sociales.

Con la armonía como objetivo, no se estimulaba la confrontación y el debate.

Nisbett y sus colegas sugieren que la organización social afecta a los procesos cognitivos de forma indirecta, al centrar la atención en diversas partes del entorno, y también de manera directa, al definir la mayor o menor aceptabilidad de ciertas pautas de comunicación social. La idea es que, si uno se considera parte de un panorama más amplio, puede contemplar todos los aspectos del mundo de forma holística, mientras que, si considera que tiene poder individual, contempla individualmente los aspectos del mundo. Y eso es lo que se ha demostrado. En ensayos donde sujetos estadounidenses o asiáticos orientales describían escenas sencillas proyectadas y posteriormente se verificaba qué recordaban de todo ello, los estadounidenses-

ses se centraban en los principales elementos de la imagen, mientras que los observadores asiáticos atendían a toda la escena. ¿Se puede detectar esta diferencia cultural en la función cerebral?

Parece que sí. En el MIT, los investigadores Trey Hedden y John Gabrieli pidieron a los sujetos asiáticos orientales y estadounidenses que hicieran juicios perceptivos rápidos mientras se les realizaba un escaneo con fMRI.[9] Les mostraron una serie de cuadrados de distintos tamaños y cada cuadrado tenía una sola línea dibujada en el interior. Los estadounidenses, al evaluar si la proporción entre la línea y el cuadrado era la misma o variaba de un cuadrado a otro (juicio relativo), mostraban mucha mayor actividad cerebral para la atención sostenida que al evaluar si las líneas tenían la misma longitud independientemente de los cuadrados donde estaban inscritas (juicio absoluto de los objetos individuales). Para ellos, los juicios absolutos sobre los individuos requerían menos energía cerebral, mientras que los juicios sobre las relaciones suponían un mayor esfuerzo. Ocurre exactamente lo contrario en los asiáticos orientales. Sus cerebros tenían que esforzarse más para los juicios absolutos pero resolvían con facilidad los relativos. Además, el nivel de actividad para las tareas culturalmente preferidas y no preferidas también variaba en consonancia con el grado de identificación entre el individuo y su cultura. Las diferencias en la función cerebral se producían durante la última fase de procesamiento, cuando la atención se centra en el juicio, no en la primera fase de procesamiento visual. Aunque los dos grupos utilizaban los mismos sistemas neuronales, diferían en la magnitud para cada tipo de tarea, «invirtiendo por completo la relación entre la tarea y la activación en una amplia red cerebral».

Estos diversos estilos atencionales también se observaban dentro de la misma región geográfica y el mismo grupo étnico. Los pescadores y campesinos de la región oriental del mar Negro, en Turquía, que viven en comunidades basadas en la cooperación, suelen mostrar una atención más holística que los pastores, que viven en

comunidades donde se toman constantemente decisiones individuales.[10]

Los orientales y occidentales varían también en su configuración genética y Heejung Kim y sus colegas se preguntaban hasta qué punto las diferencias genéticas podían explicar las diferencias en el grado de atención. Otras investigaciones ya habían demostrado que la serotonina desempeña un papel importante en la atención, la flexibilidad cognitiva y la memoria a largo plazo, de modo que decidieron que podía resultar fructífero el análisis de un poliformismo específico del sistema de serotonina (una variación en la secuencia del ADN), que afecta al modo de pensamiento individual. Analizaron distintos alelos (genes con distintas secuencias de ácido nucleico que ocupan la misma posición en un cromosoma emparejado que controla las mismas características heredadas) del gen 5-HTR1A, responsable, en última instancia, de la neurotransmisión de la serotonina. Descubrieron que había una significativa interacción entre el tipo de los alelos 5-HTR1A de una persona y la cultura en la que vivía dicha persona. Tal interacción afectaba a la orientación atencional del individuo. Las personas que poseen secuencias idénticas de ADN en el alelo G (homocigoto) de los pares de genes asociados, alelo que se relaciona con la capacidad reducida de adaptación a los cambios, se someten de manera más intensa al modo de pensamiento reforzado culturalmente que aquellas otras que tienen el alelo C homocigoto. Las que poseían una secuencia G y una secuencia C (alelo G/C heterocigoto) mostraban una opinión intermedia. Como conclusión de sus descubrimientos, estos investigadores afirmaban: «La misma predisposición genética puede dar lugar a resultados psicológicos divergentes, dependiendo del contexto cultural del individuo».[11]

Impresiona ver que la conducta, la postura cognitiva y la fisiología subyacente influyen en el medio cultural y, a la vez, pueden verse afectadas por él. Esto refuerza la importancia del modelo de construcción del nicho que describí en el capítulo anterior, donde

las interacciones entre los organismos y su entorno son bidireccionales: el organismo (o el seleccionado) altera el entorno (el selector) de alguna manera, lo que a su vez afecta a los resultados de la futura selección. Por ejemplo, en el caso de los seres humanos, tenemos la capacidad de cambiar el entorno, no solo física sino socialmente, y la retroalimentación de estos cambios produce un entorno alterado, que selecciona a aquellos seres humanos capaces de sobrevivir, reproducirse y provocar cambios futuros en el entorno. Así pues, el entorno y el organismo están interconectados a lo largo del tiempo.

Estas ideas cobran relevancia cuando sopesamos la forma en que las estructuras legales y las normas morales alteran y definen el entorno social, qué conductas se seleccionan, quiénes van a sobrevivir y reproducirse y cómo afectará todo ello a los futuros entornos sociales. En el plano neurofisiológico, nacemos con un sentido de la justicia y con ciertas intuiciones morales. Tales intuiciones contribuyen a la formación de los juicios morales en el plano de la conducta y, en un nivel más alto de la cadena, nuestros juicios morales contribuyen a la formación de las normas morales y legales que construimos para nuestras sociedades. Estas normas morales y jurídicas en la escala social limitan la conducta. Las presiones sociales sobre el individuo en el nivel de la conducta afectan a su supervivencia y reproducción y, por tanto, también a los procesos cerebrales o subyacentes que se seleccionan. Con el tiempo, estas presiones sociales empiezan a definir nuestra identidad. Como vemos, estos sistemas morales cobran realidad y es de suma relevancia comprenderlos.

¿Quién lo hizo, mi cerebro o yo?

Los sistemas jurídicos sirven como mediadores sociales en el trato entre las personas. Cuando intentemos caracterizar el derecho y nues-

tros conceptos de justicia y castigo —al fin y al cabo, fruto del cerebro humano, la mente y las interacciones culturales—, debemos tener en cuenta la dinámica de la construcción del nicho. Los sistemas jurídicos definen los derechos y las responsabilidades de diversos modos. En la mayor parte de las sociedades modernas, las leyes creadas por dichos sistemas, al igual que las consecuencias de su vulneración, se aplican a través de un conjunto de instituciones. Cuando alguien vulnera una ley, se considera que ha atentado contra toda la sociedad, contra el Estado, no contra un individuo. En la actualidad, el derecho estadounidense responsabiliza al individuo de sus actos criminales, salvo si se cometen bajo coacción (una pistola que apunta a la cabeza de su hijo, por ejemplo) o si se padece un defecto grave en la racionalidad (si no se es capaz de distinguir el bien del mal). En Estados Unidos, las consecuencias de la vulneración de dichas leyes se basan en un sistema de justicia retributiva, donde una persona recibe «su merecido» por su acción delictiva. Por lo que hemos visto en los capítulos anteriores y los datos que respaldan los planteamientos deterministas, nos enfrentamos al siguiente dilema: ¿quién es responsable de un delito, la persona o el cerebro?, ¿queremos culpabilizar a la persona o queremos perdonarla por la dimensión determinista de la función cerebral? Paradójicamente, esta cuestión se adentra en aguas dualistas, puesto que insinúa que existe una diferencia entre la persona y su cerebro y su cuerpo.

La irrupción de la neurociencia en los tribunales

El derecho es complejo y toma en consideración algo más que el delito en sí. Por ejemplo, la intencionalidad del autor también forma parte de la ecuación. ¿Fue un acto intencional o accidental? En 1963, Lee Harvey Oswald tenía la intención de matar al presidente Kennedy cuando se llevó a escondidas el fusil hasta el edificio

situado en la ruta del desfile, esperó allí hasta que pasara la comitiva y le disparó. En cambio, en una causa australiana juzgada al año siguiente, no se acusaba a Robert Ryan de haber tenido la intención de asesinar cuando mató a la cajera de una tienda donde acababa de cometer un robo. Cuando salía del establecimiento tropezó, accidentalmente apretó el gatillo de la pistola y mató a la cajera. Aunque las películas, los libros y la televisión retratan delitos que se juzgan en un tribunal donde se examinan la intencionalidad y muchas otras circunstancias, muy pocas causas criminales acaban en juicio, solo el tres por ciento, pues la mayor parte concluye con una sentencia de conformidad. Al entrar en la sala, el laboratorio de los procedimientos judiciales, la neurociencia tiene mucho que decir sobre los tejemanejes del juicio en sí: puede aportar pruebas de que existe una parcialidad inconsciente en el juez, el jurado, los fiscales y los abogados; nos informa sobre la fiabilidad de la memoria y la percepción, con implicaciones para los testimonios oculares; nos orienta sobre la fiabilidad de la detección de mentiras, y ahora se le pide también que determine la presencia de una responsabilidad disminuida en el acusado, que prediga la conducta futura y establezca quién responderá a qué tipo de tratamiento. Y puede llegar a esclarecer las motivaciones del castigo.

Robert Sapolsky, catedrático de Psicología de Stanford, llega a defender esta postura extrema: «Es asombroso que el patrón oro del sistema jurídico para una alegación de demencia —M'Naghten— se fundamente en una ciencia de ciento sesenta y seis años de antigüedad. El creciente conocimiento sobre el cerebro pone en tela de juicio conceptos como la volición, la culpabilidad y, en última instancia, la premisa del sistema judicial penal».[12] Las reglas de M'Naghten se establecieron tras el intento fallido de asesinato del primer ministro británico Robert Peel en 1843 y desde entonces se emplean para determinar (con algunos ajustes) la responsabilidad penal con respecto a la alegación de demencia en la mayor parte de las jurisdic-

ciones del derecho consuetudinario. El Tribunal Supremo británico, en respuesta a una de las preguntas planteadas por la Cámara de los Lores sobre la regulación jurídica de la demencia, respondió: «Se debería comunicar a los miembros del jurado en todas las causas que a todo hombre se le supone cordura y un grado suficiente de razón para ser responsable de sus delitos, hasta que se demuestre lo contrario, así como que para establecer una defensa sobre el postulado de la locura es preciso demostrar claramente que, en el momento de la comisión del acto, el acusado obraba bajo los efectos de dicha falta de razón, por enfermedad de la mente, hasta el punto de no conocer la naturaleza y la calidad del acto que cometía o que, si lo sabía, no sabía que lo que hacía estaba mal».[13] La cuestión que plantea Sapolsky es la siguiente: a la luz de los postulados del determinismo, dado que empezamos a entender los estados mentales, dado que podemos rastrear qué parte del cerebro participa en una actividad volitiva y sabemos que puede presentar una lesión, y en vista del creciente conocimiento que nos permite determinar la existencia de una lesión y de sus causas, ¿juzgaremos al acusado de otra manera?

En este debate están en juego los fundamentos del sistema jurídico, que responsabiliza al individuo de sus actos. La cuestión es la siguiente: ¿la neurociencia moderna amplía nuestras ideas sobre el determinismo y, con más determinismo, existen menos motivos para el castigo y la pena? Dicho de otro modo, con el determinismo no existe la culpa y, sin culpa, no debería haber castigos ni penas. Esa es la preocupante idea que se va gestando. Si cambiamos de opinión sobre estos puntos básicos de nuestra cultura, se transformará nuestra concepción de este desafortunado aspecto de la conducta humana que atañe al crimen y castigo.

Obnubilados por la ciencia

El derecho consuetudinario se basa en la creencia de que es injusto tratar los hechos similares de manera diferente en distintas ocasiones, por lo cual la «jurisprudencia», las decisiones del pasado, son vinculantes para las del futuro. Así pues, las resoluciones de los jueces y los jurados son las que establecen el derecho consuetudinario, no un cuerpo legislativo. Si nos retrotraemos en la historia del derecho consuetudinario, veremos que sus raíces y muchas de sus tradiciones se establecieron en una época en la que no se disponía de grandes conocimientos científicos. Todavía en los años cincuenta, en los tribunales era admisible como ciencia la teoría psicoanalítica, que no estaba respaldada por datos empíricos. ¿Por qué era admisible algo carente de fundamentos empíricos? Porque un juez lo consideró razonable y así lo dictaminó. En las últimas décadas las cosas han cambiado. Hemos avanzado mucho en el conocimiento de la conducta y la función cerebral y, además, disponemos de datos empíricos. Ahora que conocemos todos estos mecanismos cerebrales, los correlatos de los estados cognitivos y las actitudes mentales, las imágenes cerebrales han empezado a comparecer en los tribunales, donde se consideran admisibles como pruebas para explicar por qué un individuo actúa de un modo determinado. ¿Sirven realmente para eso los escáneres cerebrales?

La mayoría de los neurocientíficos no cree que las imágenes cerebrales puedan lograr ese fin en este momento, porque cuando se lee un escáner cerebral solo se observa, por comparación con la media de otros cerebros, que determinadas cosas se localizan en un área determinada. Un resultado obtenido con un escáner no es determinante para una persona. Esto plantea la cuestión de por qué se utilizan en los tribunales. Parece evidente que en nuestra cultura hay algo que concede más credibilidad a los escáneres de la que les atribuyen los propios científicos. Los abogados y los neurocientíficos se

preguntan si los escáneres tienen un valor probatorio o prejuicioso. Otro asunto controvertido es si un juez o un jurado, sin formación científica, puede entender sus limitaciones y la falibilidad de las conclusiones interpretativas. A muchos neurocientíficos les preocupa que un científico que entra en un juzgado, muestra una serie de escáneres cerebrales y dice que todo esto explica por qué el acusado no puede responsabilizarse de sus actos, influya en el fallo. Algunos estudios recientes han mostrado que, cuando los adultos leen las explicaciones de los fenómenos psicológicos, valoran más positivamente la argumentación y la consideran más importante si va acompañada de un escaneo cerebral, aunque no tenga nada que ver con las explicaciones. De hecho, se aceptan mejor las malas explicaciones con la presencia de un escaneo cerebral.[14] Este dato nos advierte que los jueces y los miembros del jurado pueden verse influidos por lo que se presenta como certeza científica, cuando, en realidad, lo que los científicos leen en un escáner cerebral es un cálculo probabilístico de la zona donde ocurre la actividad cerebral, en función de las medias de actividad en los cerebros de diversos individuos. Volveremos a este punto dentro de un momento, pero lo importante es comprender que no se puede señalar un punto determinado del escáner cerebral y afirmar con una precisión del cien por cien que un determinado pensamiento o conducta proviene de la actividad en esa zona. En los juegos donde los alumnos tienen que imponer castigos hipotéticos, si primero han leído un fragmento sobre determinismo (están predispuestos al determinismo), eligen un castigo menor que aquellos que no tienen esa predisposición,[15] de modo que aquello que llegamos a creer sobre la función cerebral va a influir en quiénes somos y en lo que hacemos.

Las tres áreas del derecho en las que influye actualmente la neurociencia guardan relación con la responsabilidad, la prueba y la cuestión de la justicia para la víctima y el infractor al dictar sentencia.

Responsabilidad

En lo que respecta a la responsabilidad, el derecho contempla el cerebro desde la siguiente perspectiva: existe lo que se denomina un «razonador práctico», que actúa libremente en un cerebro normal, generando acción y conducta. La responsabilidad personal es fruto del funcionamiento cerebral normal de un «razonador práctico». El cerebro puede no funcionar con normalidad como consecuencia de lesiones, heridas, golpes o un trastorno de los neurotransmisores, lo que da lugar a una disminución de la capacidad cerebral y, por tanto, de la responsabilidad, un factor exculpatorio en los tribunales. Concretamente, en las causas penales, el acusado debe tener también *mens rea* o intención dolosa. En Pennsylvania ha habido una causa reciente donde se utilizaron escáneres cerebrales para modificar dos sentencias de muerte. Simon Pirela había sido condenado a dos sentencias de muerte por dos condenas de homicidio en primer grado impuestas en 1983. Sin embargo, en 2004, veintiún años después, los escáneres cerebrales admitidos como prueba en una vista de apelación (admitida por error en el procedimiento) convencieron a un jurado de que Pirela no reunía las condiciones para la sentencia de muerte, porque presentaba anomalías en los lóbulos frontales, lo que disminuía su capacidad de actuar con normalidad. En un recurso para anular la segunda sentencia de muerte, los mismos escáneres sirvieron para defender que Pirela sufría un retraso mental, un argumento que, combinado con el testimonio de los neuropsicólogos, resultó «bastante convincente» para el juez de apelación.[16] Los mismos escáneres se admitieron como prueba para dos diagnósticos diferentes.

Conviene señalar que este tipo de casos ahora se resuelven siguiendo la causa de referencia de *Atkins contra Virginia* (2002), en la que el Tribunal Supremo dictaminó que la ejecución de una persona con retraso mental vulneraba la octava enmienda de la Consti-

tución estadounidense, pues constituía un castigo cruel e inusitado. El juez decano Scalia resumió del siguiente modo el caso Atkins:

> Después de pasarse el día bebiendo alcohol y fumando marihuana, el demandante Daryl Renard Atkins y un cómplice se dirigieron en coche a un establecimiento abierto veinticuatro horas con la intención de robar a un cliente. Su víctima se llamaba Eric Nesbitt, un aviador de la base aérea de Langley, a quien secuestraron y llevaron a un cajero automático cercano, donde lo obligaron a retirar doscientos dólares. Luego lo trasladaron en coche a una zona deshabitada, desoyendo su petición de que lo dejasen ileso. Según el cómplice, a cuyo testimonio el jurado concedió credibilidad, Atkins ordenó a Nesbitt que saliera del vehículo y, cuando había avanzado tan solo unos pasos, le disparó una, dos, tres, cuatro, cinco, seis, siete, ocho veces en el tórax, el pecho, el abdomen, los brazos y las piernas.
>
> El jurado condenó a Atkins a la pena capital por asesinato. En la sentencia de apelación [...] el jurado oyó las extensas pruebas del presunto retraso mental del recurrente. Un psicólogo declaró que el demandante tenía un ligero retraso mental con un CI de 59, que era «lento en el aprendizaje», [...] que mostraba una notable «falta de éxito en casi todos los ámbitos de su vida», [...] y que tenía «mermada» la capacidad de valorar la criminalidad de su conducta y de adaptar su conducta a derecho. [...] Los familiares del demandante aportaron pruebas adicionales que corroboraban el argumento del retraso mental. [...] El Estado refutó las pruebas de retraso y presentó el testimonio de un psicólogo que no encontraba «absolutamente ningún indicio, al margen del coeficiente de inteligencia [...], del más mínimo retraso mental [en el demandante]» y concluía que el demandante era «de inteligencia media, como mínimo».
>
> El jurado escuchó también el testimonio sobre otras dieciséis condenas penales del demandante por robo, intento fallido de robo, secuestro, uso de armas de fuego y mutilación. [...] Las víctimas de estos delitos aportaron descripciones gráficas de las tendencias violentas del demandante: golpeó a uno en la cabeza con una botella de cerveza [...];

> a otra víctima le asestó un culatazo con una pistola en la cara, le aporreó la cabeza con ella, la tiró al suelo y luego la ayudó a ponerse en pie para a continuación pegarle un tiro en el abdomen, id. [...] El jurado condenó a muerte al demandante. El Tribunal Supremo de Virginia confirmó la sentencia del demandante. [...][17]

El juez Stevens, en nombre de la mayoría del tribunal, argumentaba que las dos principales justificaciones de la pena capital, la disuasión y el correctivo, no podían ser apreciadas por el acusado que padecía un retraso mental y, por tanto, era un castigo cruel e inusitado. No citó la tercera justificación de la pena capital, que es la incapacitación. En suma, la decisión judicial se tomó en función de las *creencias* existentes sobre la finalidad del castigo en la legislación. No se basó en la ciencia, esto es, en el hecho de si el acusado, debido a la anormalidad de su cerebro, podía o no formarse intenciones u otro tipo de ideas. También presupone que toda persona que padece cierto grado de «retraso mental» carece de capacidad para comprender el castigo impuesto por un delito o lo que la sociedad considera correcto o erróneo.

El argumento del cerebro anormal presenta también otros problemas, pero el más importante es que el derecho parte de una premisa falsa. Que una persona presente un escáner cerebral anómalo no significa que manifieste una conducta anormal, ni que sea una persona con un cerebro anormal, automáticamente incapaz de adoptar una conducta responsable. La responsabilidad no radica en el cerebro. El cerebro no tiene ninguna área o red concreta para la responsabilidad. Como ya he señalado, la responsabilidad se concibe como una interacción entre las personas, como un contrato social. La responsabilidad refleja la norma surgida de uno o más agentes que interactúan dentro de un contexto social, y la esperanza que compartimos es que todo individuo cumpla ciertas normas. Un cerebro anormal no significa que la persona no pueda respetar las nor-

mas. En el caso anterior, los autores del delito fueron capaces de urdir un plan y reunir todos los elementos necesarios para llevarlo a cabo: ambos eran conscientes de que no podían hacer en público lo que pretendían y lograron inhibir sus acciones hasta que se encontraron en una zona deshabitada.

En el caso de un trastorno anormal de los neurotransmisores, como sucede en la esquizofrenia, aunque existe una mayor incidencia de detenciones por causas relacionadas con las drogas, no es mayor la incidencia de la conducta violenta en personas esquizofrénicas cuando toman la medicación y solo ligeramente mayor cuando no siguen el tratamiento. Comprenden las normas y las cumplen; por ejemplo, paran en los semáforos y pagan en la caja de un establecimiento. No es cierto que, por el mero hecho de padecer esquizofrenia, se eleve el índice de la conducta violenta y sea más probable la comisión de un delito. Aducir la esquizofrenia como argumento de la defensa puede ayudar al acusado en unos casos y puede liberarlo indebidamente en otros. Asimismo puede utilizarse como argumento de falsa acusación. Tal planteamiento puede conducir también a la práctica utilitaria de encerrar a todas las personas con esquizofrenia «antes de que cometan un delito». A John Hinckley, diagnosticado de esquizofrenia con posterioridad a los hechos por un psiquiatra de la defensa, lo declararon no culpable debido a su demencia por el intento de asesinar al presidente Reagan. Sin embargo, se trató de un acto premeditado: lo planificó con antelación y demostró una buena capacidad de funcionamiento ejecutivo, era consciente de que vulneraba la ley y escondió el arma, sabía que si disparaba al presidente se granjearía mala fama. Existe también una falsa presuposición en cuanto a las personas que han sufrido lesiones en el lóbulo frontal izquierdo. Pueden actuar de forma extraña. La familia, los amigos y ellos mismos advierten el cambio de conducta, pero el índice de violencia solo se incrementa, con respecto al índice de partida, entre el 3 y

el 11-13 por ciento. Una lesión en el lóbulo frontal no predice una conducta violenta. No existe ninguna lesión localizada en una zona concreta que se traduzca en una conducta violenta. No se puede generalizar un caso aislado. Si el sistema judicial concluye que las lesiones en el lóbulo frontal exculpan a la persona de su conducta, puede conferir una excusa a las personas que padecen tales lesiones para cometer cosas que no harían si no tuvieran tal justificación («Genial, puedo cargarme a ese memo y echarle la culpa al lóbulo frontal para salir de rositas»). O puede que se encierre como medida profiláctica a todas las personas que padecen lesiones en el lóbulo frontal. Así pues, al reflexionar sobre estas cosas, debemos procurar que no se utilicen de forma inadecuada nuestros buenos propósitos.

Pruebas

¿Cómo es posible que se haya admitido en los tribunales la teoría psicoanalítica y ahora se admita el escáner cerebral? En Estados Unidos hay criterios generales para la admisión de pruebas científicas en las causas judiciales. Varios estados siguen la norma Frye de aceptación general, que estipula que «la prueba científica es admisible cuando la técnica, el método o los datos científicos hayan sido ampliamente aceptados por la comunidad pertinente»,[18] la norma de la «validez» Daubert-Joiner-Kumho,* donde los jueces poseen la «responsabilidad selectiva» en la determinación de la validez de las pruebas científicas y de todos los peritajes o una combinación de ambas normas. Los jueces se rigen por diversos criterios, como el hecho de que una teoría o una técnica sea falsable o se haya sometido a la revisión de otros científicos, etcétera, para analizar si el peritaje es co-

* Normas Federales de Admisión de Pruebas, 702.

rrecto, pero ¿puede un juez, formado en derecho, evaluar de forma fiable la validez de una prueba científica?

Las imágenes cerebrales, sean o no admisibles según los criterios científicos, han irrumpido en los tribunales y tenemos que afrontarlo. La neuroimagen es el fundamento de la tendencia, cada vez más consolidada, de concebir el cerebro de forma determinista, a pesar de que los escáneres más recientes tienen un carácter mucho más estadístico, como veremos más abajo. Sin embargo, parece inevitable que se introduzcan como pruebas en los procedimientos judiciales los resultados obtenidos mediante los análisis con neuroimagen. No obstante, un estudio más profundo de esta técnica arroja dudas sobre estas interpretaciones y expectativas.

¿Un cerebro de talla única? El problema de la variación individual

Como sucede con la huella dactilar, cada cerebro es ligeramente distinto, tiene una configuración única, y cada individuo resuelve los problemas según unas u otras maneras que le son propias. Esto no es nuevo para nadie y existe una rica historia de variación individual en la psicología. Sin embargo, cuando empezaron a desarrollarse los primeros escalones cerebrales, se prescindió de estas diferencias. En la imagen neuronal había muchas incógnitas, pues se desconocía la función de cada área, cómo se relacionaba con otras áreas del cerebro o cómo se localizaba una estructura determinada en los diversos cerebros. Las imágenes por resonancia magnética varían enormemente de un individuo a otro, debido a la diversidad de tamaño y forma de los cerebros, así como a las diferencias en la orientación del corte como consecuencia de tales variaciones y también de la programación del escáner, entre otras variables. En 1988, Jean Talairach y Pierre Tournoux publicaron un sistema de malla

proporcional y tridimensional para identificar y medir los cerebros a pesar de su variabilidad. El sistema se basaba en la idea de que los componentes cerebrales, arraigados en una estructura que no puede verse desde la superficie, pueden definirse en relación con «dos rasgos fácilmente identificables en la superficie del cerebro, las comisuras anterior y posterior». Mediante estos dos criterios anatómicos, las neuroimágenes individuales obtenidas mediante resonancia magnética y tomografía por emisión de positrones (TEP) pueden proyectarse en el «espacio estándar de Talairach». A partir del atlas que construyen, pueden derivarse inferencias sobre la identidad del tejido en una localización determinada.

El método presenta limitaciones y Talairach se apresuró a señalar que el cerebro utilizado como referencia (el cerebro post mórtem de una mujer francesa de sesenta años) para construir el espacio estándar tenía un tamaño inferior a la media y, «debido a la variabilidad del tamaño cerebral, sobre todo en el nivel del telencéfalo,* este método solo es válido *con precisión* [la cursiva es mía] para el cerebro considerado».[19] Es decir, sostiene que solo es preciso para ese cerebro concreto de una mujer francesa de sesenta años que era menor que el cerebro medio. Se recurre al «*software* de normalización», que rota, escala y tal vez deforma el cerebro para que encaje en la plantilla estándar, con el fin de comparar los cerebros, empezando por alisar en la neuroimagen los surcos (las profundas hendiduras de la superficie cerebral), que son sumamente variables entre los individuos. De ese modo, se pierde el detalle de la información surcal y no se obtienen localizaciones surcales coherentes. Así pues, las coordenadas de la localización de un área concreta son probabilísticas, con variaciones notables en la localización real según los individuos. A su vez, la localización de un determinado proceso cerebral es también probabilística y poco preci-

* La parte anterior del cerebro constituida por el córtex cerebral, el bulbo olfatorio, los ganglios basales y el cuerpo estriado.

sa, pero es la mejor aproximación de que se dispone en la ciencia actual sin examinar directamente el cerebro. ¡La neurociencia también tiene su principio de incertidumbre!

Con el fin de establecer un criterio para evaluar el *funcionamiento* del cerebro a través de la neuroimagen, la relación señal/ruido, es decir, la señal de interés entre todas las demás señales cerebrales, debía ser suficientemente alta como para indicar que había ocurrido una determinada respuesta en una localización determinada. Para ello, Michael Miller y sus colegas del Dartmouth College escanearon los cerebros de veinte personas, refundieron las distintas neuroimágenes en una sola y proyectaron todas las señales sobre ese cerebro medio. Las regiones donde las señales siempre estaban presentes indicaban que se podía identificar, con cierta fiabilidad, que una determinada zona se activaba para esa tarea en varios individuos. Si gran parte de la información sobre el funcionamiento cerebral se deriva de los promedios de grupos como ese, ¿cómo se traduce todo ello en el individuo?, ¿qué repercusión tiene para el acusado en los tribunales? Por ejemplo, si observamos el mapa de grupo para la tarea de memoria de reconocimiento, donde el sujeto recuerda algo que ha visto previamente, el resultado medio de dieciséis sujetos indica que las áreas frontales izquierdas participan notablemente en este tipo de tarea memorística.[20] Sin embargo, si se observan los mapas individuales, cuatro de los nueve primeros sujetos no presentaban activación en esa zona. Si se repite el ejercicio con los mismos sujetos seis meses después, el patrón individual de respuesta se mantiene constante, pero sigue siendo elevada la variación entre los individuos. Así pues, ¿cómo se pueden aplicar los patrones del grupo a un individuo?

Existen también variaciones en la conexión de los cerebros. La sustancia blanca del cerebro, durante mucho tiempo olvidada por la ciencia, es una amplia red de fibras que conectan las estructuras neuronales. El modo en que el cerebro procesa la información depende de cómo están conectadas dichas fibras. Con la imagen por tensor de

difusión (ITD) ahora podemos detectar la variación individual en las conexiones y este procedimiento está arrojando resultados muy interesantes.[21] Mediante la ITD hemos advertido notables variaciones individuales en el modo en que se halla conectado el cuerpo calloso. Lo observamos por primera vez en el laboratorio cuando investigábamos dos procesos: un proceso que sabíamos que estaba presente en el hemisferio derecho, que rota un objeto en el espacio, y otro que se da en el hemisferio izquierdo y consiste en nombrar un objeto. Por ejemplo, si yo le muestro un barco invertido, antes de nombrarlo lo rotará, para ponerlo en su posición correcta, en el hemisferio derecho. Después enviará la imagen rotada al hemisferio izquierdo y este nombrará el objeto. Entonces usted dirá el nombre («Ah, barco»). Lo que observamos es que algunas personas son rápidas en este proceso y otras son lentas. Descubrimos que las personas que nombran con rapidez el objeto utilizan una parte del cuerpo calloso para transferir la información, mientras que las lentas emplean una parte totalmente diferente para trasladar la información al centro del habla, de manera que pensamos que tal vez había diferencias anatómicas que explicaban esta variación. En efecto, las personas varían tremendamente en el número de fibras que presentan en las diversas partes del cuerpo calloso y en las rutas que emplean para procesar este problema.[22] Puede resultar imposible recabar toda esta variación en contra o a favor de una determinada causa judicial.

Resultados escasos y prematuros, pero ¡cuidado!

Existen diversos motivos para desaconsejar el uso de la neuroimagen en los tribunales: a) como ya he señalado anteriormente, todos los cerebros son diferentes entre sí, de manera que resulta imposible determinar si es normal o anormal un patrón de actividad en un individuo; b) la mente, las emociones y el modo en que pensamos

cambian constantemente, de modo que lo que se mide en el cerebro cuando se toma la neuroimagen no refleja lo que sucedía en el momento del acto delictivo; c) los cerebros son sensibles a numerosos factores que pueden alterar la neuroimagen: la cafeína, el tabaco, el alcohol, las drogas, la fatiga, el ciclo menstrual, las enfermedades concomitantes, el estado nutricional, etcétera; d) el rendimiento no es constante, pues varía de un día a otro la eficiencia de una persona en una determinada tarea, y e) las imágenes del cerebro son prejuiciosas, puesto que una imagen introduce un sesgo de certeza clínica cuando en realidad no existe dicha certeza. En 2010, cuando escribo esto, existen numerosos motivos sólidos para considerar que, aunque la ciencia nos infunde grandes esperanzas, en la actualidad no es tan buena como para eliminar el riesgo elevado de que se utilice erróneamente. No obstante, conviene recordar que la neurociencia avanza a gran velocidad y que las nuevas tecnologías nos permiten conocer cada vez mejor el cerebro y la conducta humana. Debemos prepararnos para lo que venga en el futuro.

Lo que nos espera tiene sus orígenes en el principio central del derecho penal y consuetudinario estadounidense, que es la máxima de la *mens rea* (o intención dolosa) de sir Edward Coke: el acto no culpabiliza a la persona salvo si la mente es también culpable. Se necesita una mente culpable. La *mens rea* tiene cuatro componentes fundamentales que deben demostrarse: a) la actuación con una finalidad consciente de llevar a cabo una conducta determinada o de causar un resultado concreto (intencionalidad); b) la consciencia de que la propia conducta es de una naturaleza determinada, por ejemplo, buena o mala, legal o ilegal (conocimiento); c) la indiferencia consciente ante un riesgo sustancial e injustificable (temeridad), y d) la creación de un riesgo sustancial o conocido del cual uno debería ser consciente (negligencia). Cada uno de estos componentes tiene mecanismos cerebrales bien conocidos que se siguen investigando. La intencionalidad se asocia con los sistemas intencionales

del cerebro; el conocimiento y la consciencia conciernen a los sistemas emocionales; la temeridad se relaciona con los sistemas de la recompensa, y la negligencia afecta a los sistemas de búsqueda del disfrute. Se conocen ya bastante bien estas áreas, que ponen en entredicho el principio de la *mens rea.*

¿Cometemos el acto antes de ser conscientes de ello?

Como señalé en un capítulo anterior, los trabajos de Benjamin Libet y Chun Siong Soon revelan que gran parte de la función cerebral se lleva a cabo en el nivel inconsciente y que una decisión se puede predecir varios segundos antes de que el sujeto decida conscientemente. El estudio de la intención resulta cada vez más interesante y ha dado lugar a varios hallazgos sorprendentes y contrarios a la intuición. Si estimulamos el área parietal derecha de una persona normal, el sujeto percibe que tiene una intención consciente («Voy a levantar la mano»). Si se estimula con mayor intensidad una zona ligeramente distinta del lóbulo parietal, el sujeto tiene consciencia de la acción a pesar de que no se produce ninguna acción muscular, es decir, el sujeto no ha hecho nada, pero cree que sí («He levantado la mano», pues... no, no es cierto).[23] En cambio, si se estimula el área frontal, el sujeto produce un movimiento multiarticular, pero no tiene consciencia de ello. De estos estudios se desprende que, aparentemente, es el cerebro inconsciente —y no el consciente— el que tiene la última palabra. Pero... ¡un momento! Así como estos estudios han esclarecido el «qué» y el «cuándo» de la intención, Marcel Brass y Patrick Haggard han empezado a estudiar un aspecto de la intención que ha caído en el olvido: el «si»[24] para implementar la intención se puede refrenar conscientemente el impulso inconsciente. Sus datos indican que un área concreta del córtex frontomedial dorsal (dFMC) se asocia con una especie de autocontrol[25] y

muestran conectividad entre esa zona y las áreas de preparación motora, lo cual sugiere que dicho autocontrol se logra a través de la modulación de las áreas cerebrales que participan en la preparación motora.[26] Las diferencias individuales entre sujetos en la activación del dFMC se correlacionan con la frecuencia de la inhibición de las acciones y señalan una predisposición característica al autocontrol. Estos autores conjeturan que este es un ejemplo de procesamiento descendente donde un estado mental influye en otro, lo cual desmiente las posturas deterministas extremas.

Lo que concebimos como actividad volitiva tiene varios componentes que se asocian con distintas áreas cerebrales, todas ellas identificables. Por todo ello es comprensible que, cuando se presenta una neuroimagen en una causa judicial, si existe una lesión en algún punto del recorrido entre la intención y el acto, alguien pueda sostener que la persona tiene o no un funcionamiento normal. Sin embargo, el escáner cerebral no aporta datos que corroboren ninguna de las dos posibilidades.

La lectura de la mente

Los estados mentales son importantes para determinar la culpabilidad o la inocencia. En el futuro, un mayor conocimiento de los estados mentales permitirá determinarlos con mayor precisión y tendrá una enorme influencia en nuestro concepto de nosotros mismos y en la gestión legislativa de estos nuevos datos. La *lectura de la mente*, que consiste en detectar los estados mentales, es un asunto candente. El lector tradicional de la mente, el llamado «detector de mentiras», se basa en el célebre test del polígrafo, que es muy poco fiable y en Estados Unidos hoy solo se autoriza en los tribunales de Nuevo México. Algunas instituciones más avanzadas utilizan la tecnología del electroencefalograma, que se ha admitido como prueba

en algunas causas judiciales. La huella digital cerebral en un tribunal de Iowa en 2001* y en un tribunal de la India en 2007 sirvió de autorización para que dos sospechosos de asesinato se sometieran a un test de oscilaciones eléctricas cerebrales después de obtener un resultado positivo en el test del polígrafo. Los resultados positivos de ese test se admitieron como prueba en un juicio celebrado en Pune, la India, en el año 2008,** lo que dio lugar a una condena por asesinato. Todavía no se ha utilizado en los tribunales otro método novedoso mediante imagen por resonancia magnética funcional (desarrollado por las compañías No Lie MRI y Cephos). Muchas voces críticas afirman que no existen datos suficientes para considerar fiables estos métodos. Ningún test es infalible y cierto porcentaje de falsos positivos y falsos negativos aparece regularmente en un determinado número de muestras y determina el grado de precisión de un resultado. Resulta más fiable un test en el que solo se obtienen dos falsos positivos de cada mil muestras que uno donde aparecen doscientos falsos positivos. En los test mencionados, se desconoce todavía el índice de falsos positivos y falsos negativos. Frederick Schauer,[27] catedrático de Derecho de la Universidad de Virginia, discrepa de quienes afirman que estos test no están preparados para su aplicación y argumenta que la ciencia presupone que el nivel de exigencia del derecho y la ciencia son los mismos, cuando no es así. Afirma que los objetivos del derecho y los de la ciencia son muy diferentes: aunque la acusación tiene la responsabilidad de demostrar la culpabilidad más allá de toda duda razonable, del mismo modo que la ciencia requiere datos fiables, la defensa tiene que ofrecer solo dudas razonables y eso es lo que pueden aportar algunos test, aunque no tengan un alto grado de fiabilidad. También sostie-

* Harrington contra el Estado, 659NW 2nd 509 (Tribunal Supremo de Iowa, 2003).

** <http://lawandbiosciences.files.wordpress.com/2008/12/beosruling2.pdf>.

ne que se pueden cuestionar la fiabilidad y la credibilidad de un testigo interesado. Actualmente el juez y el jurado determinan cuándo los testigos dicen la verdad o mienten, pero la capacidad de un individuo corriente de detectar a los mentirosos no es más elevada que una probabilidad aleatoria.[28]

Otro estado mental que se puede poner en entredicho en los tribunales es el dolor. En las causas de discapacidad, daños y perjuicios e indemnización laboral, los buenos métodos de detección del dolor podrían distinguir a las personas que se fingen enfermas de aquellas otras que realmente sufren. A falta de signos externos, la detección del estado mental consciente es también un campo activo de investigación que determinará las decisiones sobre la desconexión de los sistemas de soporte vital. Aunque todavía no existe ningún test fiable para la detección de estos estados mentales, se otean ya en el horizonte.

Todo esto plantea, por supuesto, infinidad de problemas éticos y legales. ¿Someterse a un test de tales características equivale a testificar contra uno mismo? ¿La policía puede recibir la orden judicial de leer la mente del detenido? ¿Es una invasión de la privacidad? ¿Cuál será la posición del tribunal ante aquellas personas que se nieguen a someterse a dichos test? Cuando sean fiables, ¿deberán aplicarse de forma obligatoria en todos los casos que conlleven una evaluación del dolor, una disputa entre partes, en todos los testigos, etcétera?

Tendenciosidad en los tribunales: jueces, jurados y abogados

El juez Anthony Kennedy del Tribunal Supremo estadounidense declaró en una ocasión: «El derecho promete una cosa: neutralidad. Si se rompe esa promesa, el derecho, tal como lo conocemos, deja de existir». ¿Es posible la neutralidad?

Cuando un soldado en una película de guerra describe al enemigo como un colectivo homogéneo constituido por personas que son

todas iguales, provoca la indignación de los políticamente correctos y también refleja dos procesos cerebrales inconscientes, presentes en todas las personas incluidas las políticamente correctas, que pueden sesgar los procedimientos judiciales. Uno de esos procesos, el fenómeno de la parcialidad racial, guarda relación con la memoria para las caras humanas y está plenamente documentado en la bibliografía psicológica desde hace más de setenta años. Reconocemos mejor las caras de nuestra propia raza que las de otro grupo racial, fenómeno que no se relaciona con el grado de prejuicio. En un país con una gran multiplicidad étnica, el reconocimiento de las caras de las otras razas es significativamente menos preciso y los estudios desarrollados durante los últimos veinte años han revelado un incremento de los falsos positivos: la identificación errónea de una persona a la que el sujeto no ha visto nunca.[29] Esto es algo de gran importancia en los tribunales cuando conduce a la identificación errónea de una persona que no es el autor del delito. En 1996 el Departamento de Justicia estadounidense informó de que el 85 por ciento de las condenas que se anularon en un momento posterior mediante el análisis de ADN se debían a los errores de identificación cometidos por los testigos presenciales.[30] Uno de los factores que afecta a la precisión en la identificación de la otra raza es el «tiempo de estudio»: las falsas alarmas se incrementan cuando se dispone de menos tiempo para examinar la cara y el testigo presencial solo alcanza a verla fugazmente. La precisión se ve también afectada por el incremento del tiempo transcurrido entre la fecha en que se presenció el crimen y la visión del sospechoso.

Este fenómeno ha llevado a los testigos periciales y abogados de la defensa a cuestionar la eficacia de la identificación interracial en los tribunales. Aunque abundan las teorías sobre la parcialidad racial, la más sencilla establece que se relaciona con la frecuencia con la que el perceptor tiene contacto con las caras de su propia raza en comparación con las caras interraciales. Un niño blanco que se cría

en Tokio tiene más facilidad para identificar las caras asiáticas que un niño blanco que se cría en Kansas. Como es sabido que el desarrollo de la experiencia perceptiva se relaciona con el hemisferio derecho, al igual que la identificación facial, uno de mis colegas, David Turk, de la Universidad de Aberdeen, se preguntó si el hemisferio derecho también era superior en el procesamiento de los rasgos de la propia raza. Turk ha observado que el hemisferio derecho no solo es más hábil en la identificación de las caras en general, sino también más competente en la identificación de la propia raza que en la de las otras razas, mientras que no existe esa diferencia en las capacidades menores del hemisferio izquierdo. Los procesos de parcialidad racial se localizan en el hemisferio derecho.[31] Ahora que existe un fundamento neurobiológico de esta parcialidad, es posible desarrollar herramientas poderosas para el interrogatorio de los testigos y de los potenciales miembros del jurado, otro ejemplo de la influencia que va a ejercer la neurociencia en la naturaleza de las pruebas y, en última instancia, en el derecho.

Lasana Harris y Susan Fiske han investigado el otro proceso cerebral inconsciente que puede sesgar los procedimientos judiciales: la deshumanización de los grupos externos.[32] Han descubierto que, cuando los sujetos estadounidenses ven ciertos grupos sociales, les suscitan distintas emociones según el grupo de que se trate. Las emociones de envidia (cuando ven a los ricos), de orgullo (al ver a los atletas olímpicos estadounidenses) y lástima (ante las fotografías de los ancianos) se asocian con la actividad en el área del cerebro (el córtex frontal medio, o CPFm) que se activa en los encuentros sociales. Sin embargo, no ocurre lo mismo con la emoción de desagrado (al ver fotos de drogadictos). Los patrones de activación del CPFm al ver fotografías de grupos sociales que suscitan desagrado no eran distintos de los que presentaban los mismos sujetos al ver objetos inanimados, como una roca. Esto indica que se deshumaniza a los miembros de los grupos que suscitan desagrado, que son

grupos ajenos y extremos. Y eso es lo que ocurre durante la guerra: el grupo del enemigo suscita desagrado y, por tanto, se deshumaniza y se califica de modo peyorativo. Ante determinadas personas, los miembros del jurado, los jueces y los abogados tienen respuestas neuronales inconscientes que pueden influir sobremanera en su conducta y cambiar, potencialmente, el resultado de su evaluación. El sistema jurídico está al corriente de los hallazgos de estos estudios y no permanece ajeno a las influencias de la tendenciosidad inconsciente. Los abogados prestan atención al factor de la parcialidad en la selección de los miembros del jurado y el juez advierte a los elegidos que deben erradicar el sesgo mediante un procesamiento descendente.

Culpable del cargo que se le imputa: ¿hay que imponer un castigo?

> Si hubieras venido a mí como amigo desde el primer día, toda esta escoria que arruinó la vida de tu hija habría sufrido las consecuencias.
>
> *El Padrino*

En los sistemas judiciales, la determinación del veredicto durante el procedimiento, por muy difícil que resulte, es la parte más fácil. La mayor parte de los acusados a los que se juzga o que se declararán culpables son los agentes del acto delictivo. Una vez determinada la culpabilidad del acusado, se dicta sentencia. Esa es la parte más difícil. ¿Qué se hace con el acusado que ha cometido de forma intencional actos moralmente reprobables que causan daños a otras personas? En Estados Unidos los delincuentes imputados en una causa penal reciben un «castigo», mientras que, si se trata de un procedimiento civil, el objetivo es que el demandado compense a la parte

damnificada. El juez sopesa todos los factores atenuantes o coadyuvantes (antecedentes penales, gravedad del delito, negligencia frente a intención, daños previsibles e imprevisibles, etcétera), las directrices para dictar sentencia, y después toma una decisión.

Se supone que esta decisión administra justicia y ahí radica el problema. La justicia es un concepto de rectitud moral, pero nunca ha habido consenso en cuanto a cuál debe ser el fundamento de la rectitud moral: la ética (¿el castigo debe corresponderse con la magnitud del delito, castigo, o debe aportar el mayor bien posible a la población, utilitario?), la razón (¿el castigo o el tratamiento conducirá a un mejor resultado?), el derecho (un sistema de normas por las que se rige el individuo con el fin de mantener la sociabilidad de un lugar), el derecho natural (las acciones tienen consecuencias), la justicia (¿basada en los derechos, basada en la igualdad o el mérito, basada en el individuo o en la sociedad?), la religión (¿orientación basada en qué religión?) o la equidad (que permite que el tribunal modere la sentencia). Sin embargo, el juez juzga con el fin de dictar un fallo justo. ¿Hay que castigar al malhechor? En caso afirmativo, ¿el objetivo del castigo debe tener en cuenta ante todo los derechos individuales basados en el castigo, el bien de la sociedad mediante la reforma y la disuasión o a la víctima con la compensación? Esta decisión se ve influida por las creencias del juez en materia de justicia, creencias que pueden tener tres orientaciones: justicia retributiva, justicia utilitaria y la prometedora justicia reparadora.

> La *justicia retributiva* es retrógrada. Se castiga en proporción con el delito cometido, imponiendo al individuo lo que merece, de forma que el castigo es en sí el objetivo. La variable crucial en este enfoque es el grado de ofensa moral que entraña el delito, no los beneficios que comporta el castigo para la sociedad. Por tanto, no se impone cadena perpetua por robar un reproductor de CD, ni libertad condicional durante un mes por un asesinato. No se castiga al individuo demente. El castigo se centra exclusivamente en lo que merece el individuo por

su delito, ni más ni menos. Apela al sentido intuitivo de la justicia, donde todo individuo es igual y, por tanto, se le castiga de igual manera. No se puede castigar a un acusado por un delito que no ha cometido. No se puede imponer una multa más elevada porque el demandado sea rico ni más baja porque sea pobre. Sea quien sea el individuo, recibirá el mismo castigo. No se nos impone una sentencia más dura porque seamos o no famosos, porque seamos blancos o negros o mulatos. No se tiene en cuenta el bienestar general de la sociedad en su conjunto. La justicia retributiva no castiga para disuadir a los demás, ni para reformar al malhechor, ni para compensar a la víctima. Estos procesos pueden surgir como consecuencia de la pena impuesta, pero no son el objetivo. Se castiga para hacer daño al delincuente, de la misma manera que la víctima también sufrió.

La *justicia utilitaria* (consecuencialismo) es más progresista y atiende al mayor bien futuro que se obtiene para la sociedad mediante el castigo del delincuente individual. Esto se logra a través de la imposición de uno de los tres tipos de castigo. El primero sirve específicamente para disuadir al malhechor (u a otras personas que aprendan con el ejemplo) en el futuro, de manera que se pueden imponer multas, ordenar un período de reclusión u obligar a realizar servicios sociales. El segundo tipo consiste en la incapacitación del delincuente. Se logra con medios geográficos, mediante largos períodos de reclusión o destierro, lo que incluye la inhabilitación para el ejercicio de la abogacía y la pérdida de otros permisos, o bien con medios físicos, como la castración química para los violadores y la pena capital. El tercer tipo de justicia utilitaria es la rehabilitación a través del tratamiento o la educación. El método escogido se decide en función de la probabilidad de reincidencia, el grado de impulsividad, los antecedentes penales, la ética (¿puede imponerse un tratamiento a una persona que se niega a aceptarlo?) y otros factores, o según los criterios de imposición de sentencia preestablecidos. Este es otro ámbito en el que puede intervenir la neurociencia. La predicción de la conducta penal futura es pertinente para las resoluciones de la justicia utilitaria, independien-

temente de que el método escogido sea el tratamiento, la libertad condicional, el internamiento involuntario o la detención. Pueden utilizarse marcadores neuronales de identificación de un individuo como psicópata, predador sexual, impulsivo, etcétera, en conjunción con otros datos con el fin de predecir la conducta futura. Evidentemente, la fiabilidad de tales predicciones es importante, puesto que la justicia utilitaria castiga por los delitos futuros no cometidos, lo que puede dar lugar al incremento o la disminución de los errores perjudiciales.

La justicia utilitaria puede castigar a un individuo para disuadir a los demás y su severidad no se relaciona necesariamente con el delito cometido: un ladrón de un reproductor de CD podría recibir una sentencia severa para disuadir a otras personas de otros actos similares. Así pues, tiene sentido castigar con mayor severidad a un famoso o al autor de un delito con gran repercusión mediática, porque así se pueden evitar muchos delitos futuros y beneficiar a la sociedad. Desde la perspectiva utilitaria se ha argumentado que tiene sentido imponer sentencias más duras por los delitos comunes más leves, con el fin de incrementar el efecto disuasorio. Las sentencias de prisión por los delitos de conducción temeraria en casos sin antecedentes penales pueden salvar más vidas inocentes que el castigo de los condenados por homicidio. Se ha llegado a defender la postura extrema de que el castigado no tiene por qué ser culpable: basta con que sea considerado culpable por la sociedad. Una persona inocente podría ser detenida como chivo expiatorio y su encarcelamiento podría evitar, por el bien común, los disturbios o los grupos parapoliciales. Por ello la justicia utilitaria tiene mala prensa: puede vulnerar los derechos individuales, puede no parecer «justa».

La *justicia reparadora* concibe los delitos como cometidos contra una persona, no contra el Estado. Aunque este interés por las personas era habitual en las culturas antiguas de Babilonia, Sumeria y Roma, todo cambió con la invasión normanda de Gran Bretaña en (¿no tiene grabada a fuego esta fecha en la cabeza desde los tiempos del institu-

to?) 1066. Guillermo I el Conquistador, con el fin de descentralizar el poder, concibió el delito como una injuria contra el Estado, donde la víctima no formaba parte del sistema judicial. Se considera que esta perspectiva favorece la neutralidad de los procedimientos penales, dado que evita las represalias vengativas e injustas, y es el enfoque que ha prevalecido en el derecho estadounidense hasta finales del siglo xx. En 1974, un funcionario de vigilancia penitenciaria menonita y director del servicio de voluntariado en Kitchener, Ontario (Canadá), puso en marcha un grupo de discusión orientado a la propuesta de mejoras en el sistema de la justicia penal y así surgió una concepción más moderna de la justicia reparadora, con distintas variantes. Se centra en las necesidades tanto de la víctima como del malhechor. Intenta reparar el daño causado a la víctima, aportándole una compensación justa, además de inculcar al delincuente el respeto de la ley en la sociedad.

La justicia reparadora responsabiliza directamente al malhechor del daño causado a la víctima y a la sociedad afectada, le exige que compense los daños y perjuicios en la medida de lo posible, de manera que la víctima pueda intervenir en el proceso de corrección, y fomenta que la sociedad responsabilice a los malhechores, defienda a las víctimas y aporte a los delincuentes la oportunidad de reinsertarse en la comunidad.[33] Las víctimas, los delincuentes y la sociedad desempeñan un papel activo. Las víctimas de los delitos suelen ser presa del miedo, lo que les afecta adversamente durante el resto de la vida, como sucede en el caso de Mary Vincent descrito al comienzo de este capítulo. Lo mismo puede ocurrir con toda la sociedad. En los delitos de menor magnitud, a menudo basta con un arrepentimiento sincero cara a cara y una compensación para aliviar el miedo y la ira de la víctima. La justicia reparadora tal vez no sea posible en los delitos más graves.

SOMOS JUECES Y JURADOS DESDE EL NACIMIENTO

Aunque los jueces, los jurados y los abogados suelen atribuir sus posturas a diversos factores, entre los que destacan una larga formación profesional, el debate filosófico y otros elementos similares, la mayor parte de los tejemanejes que tienen lugar en las salas de vistas son intuiciones innatas, como el sentido de la justicia, la reciprocidad y el castigo. Renée Baillargeon y sus colegas han trabajado con un grupo de niños pequeños y han observado que el sentido de la justicia no solo está presente a los dos años y medio sino ya desde los dieciséis meses de vida. Cuando se pide al grupo de niños mayores que distribuyan golosinas entre marionetas animadas, lo hacen a partes iguales,[34] y los niños de dieciséis meses prefieren los personajes de dibujos animados que reparten los premios de forma equitativa.[35] También estamos programados para la reciprocidad, pero solo dentro de nuestro grupo social. Los niños pequeños esperan que los miembros de un grupo jueguen y compartan los juguetes[36] y se sorprenden cuando no es así. No les extraña que no ocurra entre los miembros de grupos diferentes, pero sí dentro del grupo.

En el laboratorio de Michael Tomasello, los niños no solo reconocen a los transgresores morales sino que reaccionan negativamente ante ellos. Los niños de entre un año y medio y dos años ayudan y consuelan a una víctima de una transgresión moral y comparten sus cosas con ella, incluso en ausencia de signos emocionales claros. Con los malvados, la cosa cambia. En presencia de los transgresores morales, los niños protestan verbalmente y se sienten menos inclinados a ayudar, consolar o compartir.[37] Los niños pequeños también entienden la intencionalidad y juzgan como «malo» el incumplimiento intencional de las normas, no así el accidental.[38] Aunque es bien sabido que los adultos están dispuestos a sufrir para castigar a los demás, un estudio inédito del laboratorio de Paul Bloom pone de manifiesto que eso sucede también en los niños de cuatro años.[39]

Sentimos constantemente estos impulsos y, si bien intentamos elaborar grandes teorías sobre ellos, se trata de conductas innatas.

No predicamos con el ejemplo

Las creencias de la gente sobre el castigo y la conducta real al respecto son totalmente divergentes y nadie aporta ninguna explicación lógica de este fenómeno. Ya nos hemos encontrado antes con esta dualidad, ¿verdad? El intérprete vuelve a intervenir con el fin de explicar un juicio intuitivo. El estudiante de Psicología Kevin Carlsmith y su tutor, John Darley, sentían curiosidad por este asunto. Cuando pidieron a los sujetos que se etiquetasen como partidarios del modelo retributivista o disuasorio, las respuestas variaban enormemente, pues tendían a clasificarse en uno de los dos grupos o bien en un tercer grupo etiquetado como mixto. Sin embargo, estas diferencias individuales apenas afectaban a la conducta punitiva, que por lo general era retributivista. En estas investigaciones se ha observado que, cuando a los sujetos se les pide que asignen un hipotético castigo por un delito, el 97 por ciento solicita información relevante desde una perspectiva retributivista y no desde la perspectiva más útil (incapacitación o disuasión).[40] Son sumamente sensibles a la gravedad del delito y no tienen en cuenta la probabilidad de reincidencia. Castigan por el daño causado, no por el daño que pudieran causar en el futuro (disuasión). Cuando les piden que castiguen solo desde la perspectiva más útil sin tener en cuenta los factores retributivistas, que previamente les han explicado, optan por no hacerlo. Siguen guiándose en sus juicios por el criterio de la gravedad del delito.[41] Cuando se ven obligados a adoptar la perspectiva utilitaria, se sienten menos seguros en sus decisiones. Si les piden que distribuyan recursos para atrapar a los delincuentes o para impedir la delincuencia, respaldan el enfoque utilitario de la pre-

vención. Como vemos, aunque la gente respalde la teoría utilitaria de la reducción de la delincuencia, no quieren hacerlo a través del castigo injusto. Quieren que una persona reciba su merecido, pero solo si hay motivos para ello. Quieren ser justos. «[La] gente quiere que el castigo incapacite y disuada, pero su sentido de la justicia requiere que las sentencias sean proporcionales a la gravedad moral del delito.»[42] (Hasta la Iglesia católica establece una distinción entre los pecados veniales, que se castigan con el purgatorio, y los pecados mortales, que condenan directamente al infierno.) Esta exigencia de justicia es coherente con la observación de que la gente tiende a imponer castigos hipotéticos más livianos después de leer textos sobre el determinismo. Si los delincuentes no son responsables de sus actos, no merecen castigos severos.

Sin embargo, los motivos que se aducen para imponer determinados castigos no se corresponden con los criterios que siguen en realidad. Respaldan las políticas utilitarias en un plano abstracto, pero invocan las retributivistas en la práctica.[43] Carlsmith y Darley señalan que esta falta de coherencia da lugar a una legislación veleidosa. Por ejemplo, el 72 por ciento de los electores de California aprobó la ley del triple golpe, por la cual se impone la condena perpetua a los acusados de un tercer delito grave, un enfoque utilitario. Al cabo de unos años, cuando la sociedad comprendió que este principio podía dar lugar a una sentencia «injusta» de cadena perpetua por el robo de un trozo de pizza, la popularidad de la ley descendió a menos del 50 por ciento, pues se percibía que era injusta desde la perspectiva retributivista. Debido al impulso intuitivo de imponer al acusado el castigo que merece, estos autores sugieren que, al sopesar la idea de la justicia reparadora, que es en sí atractiva, dudan que los ciudadanos estén dispuestos a conceder un tratamiento puramente reparador, carente de castigo, para los delitos graves. En un experimento en el que los sujetos podían elegir la asignación de distintas causas a varios sistemas judiciales, solo reparador, solo retri-

butivista o una combinación de ambos, el 80 por ciento estaba dispuesto a enviar los delitos menores a los tribunales reparadores, pero solo el 10 por ciento elegía los tribunales reparadores para los delitos graves, mientras que el 65 por ciento optaba por una solución mixta y el 25 por ciento elegía solo los tribunales retributivistas. Parece que compartimos la misma respuesta moral ante el castigo. Como vimos en el capítulo anterior con otros sistemas morales, lo único que varía no es nuestra conducta sino las teorías que inventamos sobre las causas de nuestras respuestas.

Si un juez sostiene la creencia de que el individuo es personalmente responsable de su conducta, un castigo retributivista o una justicia reparadora es coherente; si el juez cree que la disuasión es eficaz, que el castigo puede transformar la mala conducta en buena o que ciertas personas son irredimibles, entonces lo coherente es el castigo utilitario, y si el juez adopta una postura determinista, entonces debe tomar una decisión y tendrá que elegir entre hacer hincapié en: a) los derechos individuales del delincuente y, dado que este no tenía control sobre su conducta determinada, no se le debe imponer ningún castigo, aunque tal vez convenga someterlo a un tratamiento (¿pero nunca contra su voluntad?) si es posible, o en b) los derechos de reparación y cualquier sentimiento retributivo determinista que tenga la víctima, o en c) el mayor bien para la sociedad (aunque los delincuentes no sean culpables, que los aparten de las calles).

Nada nuevo bajo el sol

El sol, al planear sobre Atenas, bosteza y hace un gesto de hastío (como sobrevuela Atenas, nos estamos refiriendo a Apolo)... «¿Todavía no han llegado a un acuerdo en este tema? Llevo oyendo el mismo argumento desde hace siglos.» Aristóteles sostenía que la jus-

ticia basada en el tratamiento justo del individuo generaba una sociedad más justa, mientras que Platón, desde una perspectiva más general, consideraba que la justicia para con la sociedad era de suma importancia y que las causas individuales debían juzgarse con el fin de alcanzar dicho fin. Nos encontramos ante otra manifestación de la dicotomía entre el pensamiento occidental y oriental: ¿dónde debemos fijar la atención, en el individuo o en la sociedad?

Estos dos planteamientos nos recuerdan también el problema del tranvía: la situación emocional y la situación más abstracta. Enfrentarse a un delincuente individual en el juzgado y decidir si se le impone o no un castigo es una propuesta emocional que suscita una reacción emocional intuitiva: «¡Que recaiga sobre ellos todo el peso de la ley!» o «¡Pobre chico, no tenía intención de hacerlo, que le dejen salir pronto!». En un reciente estudio con fMRI[44] desarrollado mientras los sujetos juzgaban la responsabilidad e impartían un castigo en causas hipotéticas, durante la valoración del castigo se activaban las regiones cerebrales asociadas con la emoción: cuanta más actividad, mayor era el castigo (como sucede con los castigos, a mayor ofensa moral, mayor pena). La región del córtex prefrontal dorsolateral derecho, que interviene cuando se juzgan los eventuales castigos en el juego económico del ultimátum, se activa también cuando se toman decisiones jurídicas sobre terceros. Estos investigadores conjeturan que «el sistema jurídico moderno puede haberse desarrollado a partir de los mecanismos cognitivos preexistentes que sustentan las conductas relacionadas con la justicia en las interacciones diádicas». Si existe un vínculo evolutivo en las relaciones entre los individuos en las situaciones socialmente significativas (por ejemplo, las parejas), es coherente que ante un individuo recurramos a los criterios de justicia en lugar de adoptar un planteamiento consecuencialista. Sin embargo, en las cuestiones abstractas de la política pública, cuando prescindimos de la reacción emocional, recurrimos a un planteamiento consecuencialista más abstracto.

La filósofa Janet Radcliffe Richards sostiene lo siguiente:

> [...] mucha gente acepta que los argumentos sobre el libre albedrío y la responsabilidad indican que nadie merece el castigo en última instancia. [...] Si es así, el castigo no se justifica con el fundamento retributivista de que es el justo merecido, sino solo con el fundamento consecuencialista de que es necesario para evitar la conducta antisocial.
>
> [...] Si entendemos que hay motivos evolutivos para desear que la gente sufra cuando nos ha causado daños directos o indirectos, podemos explicar nuestros sentimientos sobre la adecuación de las represalias sin presuponer que son una guía de la verdad moral. [...] [...] [...] Podemos reconocer nuestros sentimientos retributivistas como un aspecto profundo e importante de nuestro carácter —y tomarlos en serio desde esa perspectiva—, sin refrendarlos como una guía de la verdad, y empezar a replantear nuestras actitudes con respecto al castigo desde ese fundamento.[45]

A continuación afirma, sin embargo, que no sabe cómo llevar a cabo semejante tarea.

Equilibrios frágiles: ¿puede estar civilizada una sociedad y vivir con el castigo?

¿El sistema funciona sin castigo? Esta es la postura que defiende el núcleo duro de los deterministas, como el profesor de Derecho de Boalt (la Escuela de Derecho de la Universidad de California, en Berkeley), Sanford Kadish, que ha afirmado lo siguiente: «Culpar a una persona es expresar la crítica moral y, si el acto de la persona no merece la crítica, culparla es una especie de falsedad y es injusto, en la medida en que supone un agravio para ella». En realidad, podemos interpretar esta postura como fruto de una perspectiva retribu-

tivista. El argumento retributivista dice así: si uno no tiene control sobre el cerebro determinista, no merece el castigo. Lo mismo cabe decir respecto de la resolución judicial de la causa Holloway contra Estados Unidos en 1945: «Castigar a un hombre que carece de la capacidad de razonar es tan indecoroso como castigar a un objeto inanimado o un animal. No se puede culpar a un hombre incapaz de razonar». De la misma manera, podrían haber afirmado que no es justo castigar a una persona que no lo merece. ¿El perdón es un concepto viable? ¿Es posible gestionar una sociedad donde el perdón prevalece sobre la responsabilidad y el castigo? ¿Puede funcionar un sistema así?

Como señalé en el capítulo anterior, los seres humanos, a diferencia de cualquier otra especie, hemos evolucionado para colaborar a gran escala con otras personas no emparentadas. Ha sido difícil explicar este fenómeno desde una perspectiva evolutiva, porque los individuos colaborativos incurren en costes personales que benefician a otras personas con las que no existe parentesco, lo cual tiene poco sentido a nivel individual. ¿Cómo puede ser esta una estrategia del éxito? El motivo es que tiene sentido a nivel de grupo. Como hemos visto en el juego del ultimátum, la gente castiga a los no colaboradores, aunque ello les suponga también una pérdida personal en los juegos de un solo turno. Tanto los modelos teóricos como las pruebas experimentales indican que, a falta de castigo, la colaboración no se sostiene ni en los grupos grandes ni en los pequeños en presencia de aprovechados, y decae.[46] Con el fin de que sobreviva la cooperación, es preciso castigar a los abusones. Si se elimina la responsabilidad, la red se desmorona. ¿Puede haber responsabilidad sin castigo? Sin lugar a dudas, nuestro genoma lo considera importante. ¿Podemos o debemos superarlo o no? El castigo de los sinvergüenzas en los juegos económicos o de las personas que no siguen las normas aceptadas de un grupo social nos retrotrae a la teoría de Tomasello de la autodomesticación de los seres humanos: el castigo

por incapacitación (la muerte o el destierro) dio lugar a la selección de temperamentos que nos han hecho más colaborativos. Si no incapacitamos a los malhechores, ¿tomarán el poder los no colaboradores y se disgregará la sociedad?

Una concepción más fisicalista acerca de nuestra naturaleza plantea todas estas cuestiones. El conocimiento resultante, a su vez, va a influir en nuestra concepción de estos asuntos. Surgen problemas en ambos planteamientos.

Las interacciones sociales nos confieren la libertad de elegir

Mi opinión es que la responsabilidad es un contrato entre dos personas, no una propiedad del cerebro, y el determinismo carece de sentido en este contexto. La naturaleza humana permanece constante, pero en el mundo social la conducta puede cambiar. Se pueden refrenar las intenciones inconscientes. Yo no le tiro a nadie el tenedor porque le haya dado un mordisco a mi galleta. La conducta de una persona puede influir en la de otra. Si veo entrar a la policía por la vía de acceso a la autopista, compruebo el velocímetro y reduzco. Como señalé en el capítulo anterior, ahora comprendemos que tenemos que observar el panorama general, el cerebro en la interacción con otros cerebros, no como un cerebro aislado.

No obstante, independientemente de su condición, la mayor parte de los seres humanos acata las normas. Los delincuentes, en cambio, no. No cometen sus delitos delante de los cuerpos y fuerzas de seguridad. Son capaces de inhibir sus intenciones cuando se acerca un policía. Toman una decisión basada en su experiencia. Esto es lo que determina que seamos o no agentes responsables.



Capítulo 7
EPÍLOGO

Recuerdo que hace unos años vi un documental de la BBC que relataba una sencilla historia. Un avezado reportero de la BBC estaba de visita en la India y decidió buscar a un amigo de aquel país. La película mostraba el arduo recorrido del cámara y el reportero por las empinadas calles de mugre y excrementos de un barrio chabolista hasta llegar a la casa de dos metros y medio por tres de su amigo. Y allí estaba, sonriente al ver a su colega británico. Resulta que su hogar, donde vivía con su mujer y sus dos hijos, era también su lugar de trabajo y su tienda. Vendía zapatillas de deporte infantiles, de esas que tienen luces. Aparentemente todo funcionaba en este pequeño espacio y, mientras el cámara estaba deseando marcharse porque no soportaba los olores, el digno indio le regaló a su amigo inglés un par de zapatillas para que se las llevara a sus hijos. Se encontraban en lo que un occidental solo podía denominar pobreza y miseria abyectas, pero el intercambio humano trascendía todo: ese momento que define nuestra identidad. Esa es la magnificencia del ser «humano» que todos valoramos y no queremos que desaparezca con la ciencia. Queremos sentir nuestra propia valía y la de los demás.

He intentado defender que una comprensión científica más completa de la naturaleza de la vida, del cerebro/la mente, no va en detrimento de este valor que todos apreciamos. Somos personas, no cerebros. Somos la abstracción que ocurre cuando una mente, que emerge de un cerebro, interactúa con el cerebro. Es en esa abstracción donde existimos y, al ver que la ciencia la socava poco a poco, nos afanamos en buscar un vocabulario para describir lo que verda-

deramente somos. Nos intriga su funcionamiento. La amplia perspectiva determinista que rodea toda la ciencia parece impulsar una visión más funesta, la idea de que, por mucho que nos disfracemos, en definitiva somos cierto tipo de máquinas, vehículos automáticos que respondemos a las fuerzas físicamente determinadas del universo, fuerzas mayores que nosotros. No somos seres preciosos. Somos peones.

La salida habitual de este dilema consiste en eludirlo, hacer algún comentario sobre la grandeza de la vida en el nivel fenomenológico, la belleza del Parque Nacional de Yosemite, lo maravilloso que es el sexo o lo encantadores que son los nietos, y disfrutar de todo ello. Disfrutamos porque estamos programados para disfrutar con estas cosas. Así es como funcionamos y ahí termina la cuestión. Tómese un Martini seco, ponga los pies en alto y lea un buen libro.

He intentado presentar una perspectiva diferente sobre este dilema. En definitiva, mi tesis es que todas las experiencias de la vida, personales y sociales, repercuten en nuestro sistema mental emergente. Estas experiencias son fuerzas poderosas que modulan la mente. No solo limitan el cerebro sino que revelan que la interacción de las dos capas del cerebro y la mente es lo que nos aporta la realidad consciente, nuestro momento en el tiempo real. La desmitificación del cerebro es el cometido de la neurociencia moderna. Sin embargo, para llevar a cabo dicha labor, se requiere que la neurociencia reflexione sobre el funcionamiento de las normas y los algoritmos que rigen, en conjunto, todos los módulos independientes y distribuidos con el fin de generar la condición humana.

La comprensión de que el cerebro funciona de forma automática y se rige por las leyes del mundo natural es alentadora y reveladora: alentadora, porque sabemos que el dispositivo de la toma de decisiones, el cerebro, tiene una estructura fiable para ejecutar las acciones elegidas; también reveladora, porque esclarece que todo el misterio del libre albedrío es un concepto erróneo, basado en creencias sociales y

psicológicas de otra época de la historia humana que no se han corroborado y/o no se corresponden con el conocimiento científico moderno sobre la naturaleza del universo. Tal como me dijo John Doyle:

> De alguna manera nos acostumbramos a la idea de que, cuando un sistema muestra una función y una conducta integradas y coherentes, debe de haber un elemento de control «esencial» y central o centralizado responsable del sistema. Somos profundamente esencialistas y el hemisferio izquierdo acabará encontrándolo. Y tal como dices, si no lo encontramos, algo inventaremos. Podemos llamarlo homúnculo, mente, alma, gen, etcétera. [...] Pero raras veces se presenta en el sentido reduccionista habitual. [...] Eso no significa que no exista ninguna «esencia» responsable: sí existe, pero está distribuida. Radica en los protocolos, las reglas, los algoritmos, el *software*. Así es cómo funcionan las células, las torres de hormigas, las internets, los ejércitos, los cerebros. Nos cuesta aceptarlo porque no se localiza en una casilla determinada; de hecho, un diseño así sería defectuoso, porque la casilla sería un único punto posible de fallo. Es importante que no radique en los módulos sino en las reglas por las que se rigen.

A medida que reduzco el esfuerzo, mi propia perspectiva se va ajustando. Esa es la naturaleza de una vida en la ciencia. Los datos no cambian. Lo que cambia, sobre todo en las ciencias sumamente interpretativas como la neurociencia y la psicología, son las ideas sobre cómo entendemos los datos cada vez más numerosos de la madre naturaleza. La duda persistente que se plantea cada mañana un científico es la siguiente: ¿esta explicación que tengo para tal o cual fenómeno capta realmente lo que sucede? Nadie conoce mejor los defectos de una idea que quien la postula y, en consecuencia, uno está siempre alerta. No es una sensación nada agradable. Una vez le pregunté a Leon Festinger, uno de los hombres más inteligentes del mundo, si alguna vez se sentía inepto. Me respondió: «¡Por supuesto! Eso es lo que te mantiene *epto*».

Al revisar los materiales de este libro, me percaté de que se necesita un lenguaje único, todavía no desarrollado, para captar lo que sucede cuando los procesos mentales limitan el cerebro y viceversa. La acción se sitúa en la interfaz de esas capas. En un tipo de vocabulario, la causalidad descendente confluye con la ascendente. En otro vocabulario, ya no está ahí sino en el espacio entre los cerebros que interactúan. Lo que sucede en la interfaz de nuestra existencia jerárquica y estratificada alberga la respuesta a nuestra indagación de las relaciones entre la mente y el cerebro. ¿Cómo podemos describirlo? Ese nivel emergente tiene su propia trayectoria temporal y está al corriente de las acciones que se producen. Es esa abstracción lo que nos confiere vigencia en el tiempo, realidad y responsabilidad. Toda la cuestión de que el cerebro lo hace antes de que seamos conscientes de ello resulta discutible e irrelevante desde el punto de vista de otro nivel de funcionamiento. La comprensión de cómo se desarrolla un vocabulario para describir estas interacciones estratificadas constituye, para mí, el problema científico de este siglo.

NOTAS

Capítulo 1: Nuestra manera de ser

1. Hipócrates, «Hippocratic writings», trad. inglesa de Francis Adams, en Adler, M. J. (comp.), *The great books of the western world,* Encyclopaedia Britannica, Chicago, Inc., 400 a.C., ed. 1952, vol. 10, pág. 159 (trad. cast.: *Tratados hipocráticos*, Gredos, Madrid, 2000).
2. Doyle, A. C., «Silve.r blaze», en *The complete Sherlock Holmes*, Garden City, Nueva York, Doubleday & Company, Inc., 1892, ed. 1930, vol. 1, pág. 335 (trad. cast.: «Estrella de plata», en *El archivo de Sherlock Holmes*, Círculo de Lectores, Barcelona, 2010).
3. Lashley, K. S., *Brain mechanisms and intelligence: A quantitative study of injuries to the brain*, University of Chicago Press, Chicago, 1929.
4. Watson, J. B., *Behaviorism* (ed. rev.,), University of Chicago Press, Chicago, 1930.
5. Weiss, P. A., «In vitro experiments on the factors determining the course of the outgrowing nerve fiber», *Journal of Experimental Zoology*, 68(3), 1934, págs. 393-448.
6. Sperry, R. W., «Chemoaffinity in the orderly growth of nerve fiber patterns and connections», *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 50(4), 1963, págs. 703-710.
7. Hebb, D. O., *The organization of behavior: A neuropsychological theory*, Wiley, Nueva York, 1949, pág. 62 (trad. cast.: *Organización de la conducta*, Debate, Madrid, 1985).
8. Hebb, D. O., «The effects of early experience on problem solving at maturity», *American Psychologist*, 2, 1947, págs. 306-307.
9. Ford, F. R. y Woodall, B., «Phenomena due to misdirection of regenerating fibers of cranial, spinal and autonomic nerves», *Archives of Surgery*, 36(3), 1938, págs. 480-496.

10. Sperry, R., «The functional results of muscle transposition in the hind limb of the rat», *The Journal of Comparative Neurology*, 73(3), 1939, págs. 379-404.
11. Sperry, R., «Functional results of crossing sensory nerves in the rat», *The Journal of Comparative Neurology*, 78(1), 1943, págs. 59-90.
12. Sperry, R. W., «Chemoaffinity in the orderly growth of nerve fiber patterns», pág. 703.
13. Pomerat, C. M., «Activities associated with neuronal regeneration», *The Anatomical Record*, 145(2), 1963, pág. 371.
14. Krubitzer, L., «In search of a unifying theory of complex brain evolution», *Annals of the New York Academy of Science*, 1156, 2009, págs. 44-67.
15. Marler, P. y Tamura, M., «Culturally transmitted patterns of vocal behavior in sparrows», *Science*, 146(3650), 1964, págs. 1483-1486.
16. Jerne, N., «Antibodies and learning: selection versus instruction», *The neurosciences: A study program*, Rockefeller University Press, Nueva York, 1967, págs. 200-205.
17. Boag, P. T. y Grant, P. R., «Intense natural selection in a population of Darwin's Finches (Geospizinae) in the Galápagos», *Science*, 214(4516), 1981, págs. 82-85.
18. Sin, W. C., Haas, K., Ruthazer, E. S. y Cline, H. T., «Dendrite growth increased by visual activity requires NMDA receptor and Rho GTPases», *Science*, 419(6906), 2002, págs. 475-480.
19. Rioult-Pedotti, M. S., Donoghue, J. P. y Dunaevsky, A., «Plasticity of the synaptic modification range», *Journal of Neurophysiology*, 98(6), 2007, págs. 3688-3695.
20. Xu, T., Yu, X., Perlik, A. J., Tobin, W. F., Zweig, J. A., Tennant, K., Jones, T. y Zuo, Y., «Rapid formation and selective stabilization of synapses for enduring motor memories», *Nature*, 462(7275), 2009, págs. 915-919.
21. Baillargeon, R. E., «Object permanence in 3½ and 4½ month old infants», *Developmental Psychology*, 23(5), 1987, págs. 655-664.
22. Véanse Spelke, E. S., «Physical knowledge in infancy: Reflections on Piaget's theory», en Carey, S. y Gelman, R. (comps.), *The epigenesis of mind: Essays on biology and cognition*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, Nueva Jersey, 1991, págs. 133-169 (trad. cast.: *Cartografía*

de la mente: la especifidad de dominio en la cognición y en la cultura, Gedisa, Barcelona, 2002); y Spelke, E. S., «Initial knowledge: Six suggestions», *Cognition*, 50, 1994, págs. 443-447.

23. Purves, D., Williams, S. M., Nundy, S. y Lotto, R. B., «Perceiving the intensity of light», *Psychological Review*, 111(1), 2004, págs. 142-158.
24. Purves, D., «An empirical explanation: Simultaneous brightness contrast», consultado en <http://www.purveslab.net/research/explanation/brightness/brightness.html#f2>.
25. Lovejoy, C. O., Latimer, B., Suwa, G., Asfaw, B. y White, T. D., «Combining prehension and propulsion: The foot of Ardipithecus ramidus», *Science*, 326(5949), 2009, págs. 72, 72e1-72e8.
26. Festinger, L., *The human legacy*, Columbia University Press, Nueva York, 1983, pág. 4.
27. Lovejoy, C. O., «Reexamining human origins in light of Ardipithecus ramidus», *Science*, 326(5949), 2009, págs. 74, 74e1-74e8.
28. Darwin, C., *The descent of man, and selection in relation to sex*, 1871, John Murray, Londres; ed. facsímil, Princeton University Press, Princeton, Nueva Jersey, 1981 (trad. cast.: *El origen del hombre: la selección natural y la sexual*, Formación Alcalá, Jaén, 2009).
29. Huxley, T. H., *Evidence as to man's place in nature*, 1863, Londres, Williams and Morgate; reed. University of Michigan Press, Ann Arbor, 1959.
30. Holloway, R. L., Jr., «Cranial capacity and neuron number: A critique and proposal», *American Journal of Anthropology*, 25(3), 1966, págs. 305-314.
31. Holloway, R. L., «The human brain evolving: A personal retrospective», *Annual Review of Anthropology*, 37, 2008, págs. 1-19.
32. Véanse Preuss, T. M., Qi, H. y Kaas, J. H., «Distinctive compartmental organization of human primary visual cortex», *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 96(20), 1999, págs. 11601-11606; y Preuss, T. M. y Coleman, G. Q., «Human-specific organization of primary visual cortex: Alternating compartments of dense cat-301 and calbindin immunoreactivity in layer 4A», *Cerebral Cortex*, 12(7), 2002, págs. 671-691.
33. De Winter, W. y Oxnard, C. E., «Evolutionary radiations and con-

vergences in the structural organization of mammalian brains», *Nature*, 409, 2001, págs. 710-714.

34. Oxnard, C. E., «Brain evolution: Mammals, primates, chimpanzees, and humans», *International Journal of Primatology*, 25(5), 2004, págs. 1127-1158.
35. Rakic, P., «Vive la difference!», *Neuron*, 47(3), 2005, págs. 323-325.
36. Premack, D., «Human and animal cognition: Continuity and discontinuity», *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(35), 2007, págs. 13861-13867.
37. Azevedo, F. A. C., Carvalho, L. R. B., Grinberg, L. T., Farfel, J. M., Ferretti, R. E. L., Leite, R. E. P., Filho W. J., Lent, R. y Herculano-Houzel, S., «Equal numbers of neuronal and nonneuronal cells make the human brain an isometrically scaled-up primate brain», *Journal of Comparative Neurology*, 513(5), 2009, págs. 532-541.
38. Shariff G. A., «Cell counts in the primate cerebral cortex», *Journal of Comparative Neurology*, 98(3), 1953, págs. 381-400.
39. Deacon, T. W., «Rethinking mammalian brain evolution», *American Zoology*, 30(3), 1990, págs. 629-705.
40. Ringo, J. L., «Neuronal interconnection as a function of brain size», *Brain, Behavior and Evolution*, 38(1), 1991, págs. 1-6.
41. Petersen, S. E., Fox, P. T., Posner, M. I., Mintun, M. y Raichle, M. E., «Positron emission tomographic studies of the cortical anatomy of single-word processing», *Nature,* 331(6157), 1988, págs. 585-589.
42. Preuss, T. M., «The discovery of cerebral diversity: An unwelcome scientific revolution», en Falk, D. y Gibson, K. R. (comps.), *Evolutionary anatomy of the primate cortex*, Cambridge University Press, Cambridge, 2001, pág. 154.
43. Hutsler, J. J., Lee, D. G. y Porter, K. K., «Comparative analysis of cortical layering and supragranular layer enlargement in rodent carnivore and primate species», *Brain Research,* 1052, 2005, págs. 71-81.
44. Véanse Caviness, V. S., Jr., Takahashi, T. y Nowakowski, R. S., «Numbers, time and neocortical neurogenesis: A general developmental and evolutionary model», *Trends in Neuroscience*, 18(9), págs. 379-383; Fuster, J. M., «Neurobiology of cortical networks», en *Cortex*

and mind, Oxford University Press, Nueva York, 2003, págs. 17- 53; y Jones, E. G., «Anatomy of cerebral cortex: Columnar input-output organization», en Schmitt, F. O., Worden, F. G., Adelman, G. y Dennis, S. G. (comps.), *The organization of the cerebral cortex*, The MIT Press, Cambridge, Mass., 1981, págs. 199-235.

45. Hutsler, J. J. y Galuske, R. A. W., «Hemispheric asymmetries in cerebral cortical networks», *Trends in Neuroscience*, 26, 2003, págs. 429-435.
46. Elston, G. N. y Rosa, M. G. P., «Pyramidal cells, patches and cortical columns: A comparative study of infragranular neurons in TEO, TE, and the superior temporal polysensory area of the macaque monkey», *The Journal of Neuroscience*, 20(24), 2000, pág. RC117.
47. Elston, G. N., «Cortex, cognition and the cell: New insights into the pyramidal neuron and prefrontal function», *Cerebral Cortex*, 13(11), 2003, págs. 1124-1138.
48. Rilling, J. K. e Insel, T. R., «Differential expansion of neural projection systems in primate brain evolution», *Neuroreport*, 10(7), 1999, págs. 1453-1459.
49. Véanse Buxhoeveden, D. y Casanova, M., «Comparative lateralisation patterns in the language area of human, chimpanzee, and rhesus monkey brains», *Laterality*, 5(4), 2000, págs. 315-330; y Gilissen, E., «Structural symmetries and asymmetries in human and chimpanzee brains», en Falk, D. y Gibson, K. R. (comps.), *Evolutionary anatomy of the primate cortex*, Cambridge University Press, Cambridge, 2001, págs. 187-215.
50. Vermeire, B. y Hamilton, C. R., «Inversion effect for faces in split-brain monkeys», *Neuropsychologia*, 36(10), 1998, págs. 1003-1014.
51. Halpern, M. E., Gunturkun, O., Hopkins, W. D. y Rogers, L. J., «Lateralization of the vertebrate brain: Taking the side of model systems», *Journal of Neuroscience*, 25(35), 2005, págs. 10351-10357.
52. Véanse Hutsler, J. J. y Galuske, R. A. W., «Hemispheric asymmetries in cerebral cortical networks», *Trends in Neuroscience*, 26(8), 2003, págs. 429-435.
53. Black, P. y Myers, R. E., «Visual function of the forebrain commissures in the chimpanzee», *Science*, 146(3645), 1964, págs. 799-800.
54. Pasik, P. y Pasik, T., «Visual functions in monkeys after total removal

of visual cerebral cortex», en Neff, W. D. (comp.), *Contributions to sensory physiology*, Academic Press, Nueva York, 1982, vol. 7, págs. 147-200.

55. Rilling, J. K., Glasser, M. F., Preuss, T. M., Ma, X., Zhao, T., Hu, X. y Behrens, T. E. J., «The evolution of the arcuate fasciculus revealed with comparative DTI», *Nature Neuroscience*, 11(4), 2008, págs. 426-428.
56. Preuss, T. M., «What is it like to be a human?», en Gazzaniga, M. S. (comp.), *The Cognitive Neurosciences III*, The MIT Press, Cambridge, Mass., 2003, págs. 14-15.
57. Elston, G. N., «Cortex, cognition and the cell: New insights into the pyramidal neuron and prefrontal function», *Cerebral Cortex*, 13(11), 2003, págs. 1124-1138.
58. Elston, G. N., Benavides-Piccione, R., Elston, A., Zietsch, B., Defelipe, J., Manger, P., Casagrande, V. y Kaas, J. H., «Specializations of the granular prefrontal cortex of primates: Implications for cognitive processing», *The Anatomical Record*, 288A(1), 2006, págs. 26-35.
59. Williamson, A., Spencer, D. D. y Shepherd, G. M., «Comparison between the membrane and synaptic properties of human and rodent dentate granule cells», *Brain Research*, 622(1-2), 1993, págs. 194-202.
60. Nimchinsky, E. A., Vogt, B. A., Morrison, J. H. y Hof, P. R., «Spindle neurons of the human anterior cingulate cortex», *Journal of Comparative Neurology*, 355(1), 1995, págs. 27-37.
61. Fajardo, C., Escobar, M. I., Buritica, E., Arteaga, G., Umbarila, J., Casanova, M. F. y Pimienta, H., «Von Economo neurons are present in the dorsolateral (dysgranular) prefrontal cortex of humans», *Neuroscience Letters*, 435(3), 2008, págs. 215-218.
62. Nimchinsky, E. A., Gilissen, E., Allman, J. M., Perl, D. P., Erwin, J. M. y Hof, P. R., «A neuronal morphologic type unique to humans and great apes», *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 96(9), 1999, págs. 5268-5273.
63. Allman, J. M., Watson, K. K., Tetreault, N. A. y Hakeem, A. Y., «Intuition and autism: A possible role for von Economo neurons», *Trends in Cognitive Science*, 9(8), 2005, págs. 367-373.
64. Hakeem, A. Y., Sherwood, C. C., Bonar, C. J., Butti, C., Hof, P. R.

y Allman, J. M., «Von Economo neurons in the elephant brain», *The Anatomical Record*, 292(2), 2009, págs. 242-248.

65. Hof, P. R. y Van der Gucht, E., «Structure of the cerebral cortex of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae* (Cetacea, Mysticeti, Balaenopteridae)», *The Anatomical Record*, 290(1), 2007, págs. 1-31.
66. Butti, C., Sherwood, C. C., Hakeem, A. Y., Allman, J. M. y Hof, P. R., «Total number and volume of von Economo neurons in the cerebral cortex of cetaceans», *Journal of Comparative Neurology*, 515(2), 2009, págs. 243-259.
67. Bystron, I., Rakic, P., Molnar, Z. y Blakemore, C., «The first neurons of the human cerebral cortex», *Nature Neuroscience*, 9, 2006, págs. 880-886.

Capítulo 2: El cerebro paralelo y distribuido

1. Galton, F., «Psychometric experiments», *Brain*, 2, 1879, págs. 149-162.
2. Caramazza, A. y Shelton, J. R., «Domain-specific knowledge systems in the brain: The animate-inanimate distinction», *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10(1), 1998, págs. 1-34.
3. Boyer, P. y Barrett, H. C., «Domain specificity and intuitive ontology», en Buss, D. M. (comp.), *The handbook of evolutionary psychology*, Wiley, Nueva York, 2005, págs. 96-118.
4. Barrett, H. C., «Adaptations to predators and prey», en Buss, D. M. (comp.), *The handbook of evolutionary psychology*, Wiley, Nueva York, 2005, págs. 200-223.
5. Coss, R. G., Guse, K. L., Poran, N. S. y Smith, D. G., «Development of antisnake defenses in California ground squirrels (Spermophilus beecheyi): II. Microevolutionary effects of relaxed selection from rattlesnakes», *Behaviour*, 124(1-2), 1993, págs. 137-164.
6. Véanse Stamm, J. S. y Sperry, R. W., «Function of corpus callosum in contralateral transfer of somesthetic discrimination in cats», *Journal of Comparative Physiological Psychology*, 50(2), 1957, págs. 138-143; y Glickstein, M. y Sperry, R. W., «Intermanual somesthetic

transfer in split-brain rhesus monkeys», *Journal of Comparative Physiological Psychology*, 53(4), 1960, págs. 322-327.

7. Akelaitis, A. J., «Studies on the corpus callosum: IV. Diagnostic dyspraxia in epileptics following partial and complete section of the corpus callosum», *American Journal of Psychiatry*, 101, págs. 594-599.
8. Véanse Gazzaniga, M. S., Bogen, J. E. y Sperry, R. W., «Some functional effects of sectioning the cerebral commissures in man», *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 48(10), 1962, págs. 1765-1769; Gazzaniga, M. S., Bogen, J. E. y Sperry, R. W., «Laterality effects in somesthesis following cerebral commissurotomy in man», *Neuropsychologia*, 1, 1963, págs. 209-215; Gazzaniga, M. S., Bogen, J. E. y Sperry, R. W., «Observations on visual perception after disconnection of the cerebral hemispheres in man», *Brain*, 88, 1965, págs. 221-236; y Gazzaniga, M. S., Sperry, R. W., «Language after section of the cerebral commissures», *Brain*, 90, 1967, págs. 131-348.
9. Van Wagenen, W. P. y Herren, R. Y., «Surgical division of commissural pathways in the corpus callosum: Relation to spread of an epileptic attack», *Archives of Neurology and Psychiatry*, 44(4), 1940, págs. 740-759.
10. Akelaitis, A. J., «Studies on the corpus callosum: II. The higher visual functions in each homonymous field following complete section of the corpus callosum», *Archives of Neurology and Psychiatry*, 45(5), 1941, págs. 788-796.
11. Sperry, R., «Consciousness, personal identity and the divided brain», *Neuropsychologia*, 22(6), 1984, págs. 661-673.
12. Kutas, M., Hillyard, S. A., Volpe, B. T. y Gazzaniga, M. S., «Late positive event-related potentials after commissural section in humans», *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2(3), 1990, págs. 258-271.
13. Gazzaniga, M. S., Bogen, J. E. y Sperry, R. W., «Dyspraxia following division of the cerebral commissures», *Archives of Neurology*, 16(6), 1967, págs. 606-612.
14. Véanse Nass, R. D. y Gazzaniga, M. S., «Cerebral lateralization and specialization in human central nervous system», en Plum, F. (comp.), *Handbook of Physiology*, Bethesda, MD, American Physiological Society, 1987, sec. 1, vol. 5, págs. 701-761; y Zaidel, E., «Language

functions in the two hemispheres following cerebral commissurotomy and hemispherectomy», en Boller, F. y Grafman, J. (comps.), *Handbook of Neuropsychology*, Elsevier, Amsterdam, 1990, vol. 4, págs. 115-150.
15. Gazzaniga, M. S. y Smylie, C. S., «Hemispheric mechanisms controlling voluntary and spontaneous facial expressions», *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2(3), 1990, págs. 239-245.
16. Sperry, R. W., «Hemisphere deconnection and unity in conscious awareness», *American Psychologist*, 23(10), 1968, págs. 723-733.
17. Gazzaniga, M. S., «One brain-two minds?», *American Scientist*, 60(3), 1972, págs. 311-317.
18. Sutherland, S., *The international dictionary of psychology*, Continuum, Nueva York, 1989.
19. MacKay, D. M., *Behind the eye*, Basil Blackwell, Oxford, 1991.
20. Véanse Phelps, E. A. y Gazzaniga, M. S., «Hemispheric differences in mnemonic processing: The effects of left hemisphere interpretation», *Neuropsychologia*, 30(3), 1992, págs. 293-297; y Metcalfe, J., Funnell, M. y Gazzaniga, M. S., «Right-hemisphere memory superiority: Studies of a split-brain patient», *Psychological Science*, 6(3), 1995, págs. 157-164.
21. Nelson, M. E. y Bower, J. M., «Brain maps and parallel computers», *Trends in Neurosciences*, 13(10), 1990, págs. 403-408.
22. Clarke, D. D. y Sokoloff, L., «Circulation and energy metabolism of the brain», en Siegel, G. J., Agranoff, B. W., Albers, R. W., Fisher, S. K. y Uhler, M. D. (comps.), *Basic neurochemistry: Molecular, cellular and medical aspects*, Lippincott-Raven, Filadelfia, 1999, 6ª ed., págs. 637-670.
23. Striedter, G., *Principles of brain evolution*, Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Mass., 2005.
24. Chen, B. L., Hall, D. H. y Chklovskii, D. B., «Wiring optimization can relate neuronal structure and function», *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(12), 2006, págs. 4723-4728.
25. Véanse Hilgetag, C. C., Burns, G. A., O'Neill, M. A., Scannell, J. W. y Young, M. P., «Anatomical connectivity defines the organization of clusters of cortical areas in the macaque monkey and the cat», *Philo-*

sophical Transactions of the Royal Society London B: Biological Sciences, 355(1393), 2000, págs. 91-110; Sporns, O., Tononi, G. y Edelman, G. M., «Theoretical neuroanatomy and the connectivity of the cerebral cortex», *Behavioural Brain Research*, 135(1-2), 2002, págs. 69-74, y Sakata, S., Komatsu, Y. y Yamamori, T., «Local design principles of mammalian cortical networks», *Neuroscience Research*, 51(3), 2005, págs. 309-315.

26. Watts, D. J. y Strogatz, S. H., «Collective dynamics of "small-world" networks», *Nature*, 393, 1998, págs. 440-442.
27. Véanse Gazzaniga, M. S., «Organization of the human brain», *Science*, 245(4921), 1989, págs. 947-952; y Baynes, K., Eliassen, J. C., Lutsep, H. L. y Gazzaniga, M. S., «Modular organization of cognitive systems masked by interhemispheric integration», *Science*, 280 (5365), 1998, págs. 902-905.
28. Volpe, B. T., Ledoux, J. E. y Gazzaniga, M. S., «Information processing of visual stimuli in an "extinguished" field», *Nature*, 282(5740), 1979, págs. 722-724.
29. Nicolis, G. y Rouvas-Nicolis, C., «Complex systems», *Scholarpedia*, 2(11), 2007, pág. 1473.
30. Amaral, L. A. N. y Ottino, J. M., «Complex networks. Augmenting the framework for the study of complex systems», *European Physical Journal B*, 38(2), 2004, págs. 147-162.
31. Varian, H. R., «Position auctions», *International Journal of Industrial Organization*, 25(6), 2007, págs. 1163-1178.

Capítulo 3: El intérprete

1. Aglioti, S., DeSouza, J. F. X. y Goodale, M. A., «Size-contrast illusions deceive the eye but not the hand», *Current Biology*, 5(6), 1995, págs. 679-685.
2. Dehaene, S., Naccache, L., Le Clerc'H, G., Koechlin, E., Mueller, M., Dehaene-Lambertz, G., Van de Moortele, P., Le Bihan, D., «Imaging unconscious semantic priming», *Nature*, 395, 1998, págs. 597-600.
3. He, S. y MacLeod, D. I. A., «Orientation-selective adaptation

and tilt after-effect from invisible patterns», *Nature*, 411, 2001, págs. 473-476.

4. Gazzaniga, M. S., «Organization of the human brain», *Science*, 245(4921), 1989, págs. 947-952.
5. Derks, P. L. y Paclisanu, M. I., «Simple strategies in binary prediction by children and adults», *Journal of Experimental Psychology*, 73(2), 1967, págs. 278-285.
6. Wolford, G., Miller, M. B. y Gazzaniga, M. S., «The left hemisphere's role in hypothesis formation», *Journal of Neuroscience*, 20(6), 2000, pág. RC64.
7. Kleck, R. E. y Strenta, A., «Perceptions of the impact of negatively valued physical characteristics on social integration», *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(5), 1980, págs. 861-873.
8. Schachter, S. y Singer, J. E., «Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state», *Psychology Review*, 69, 1962, págs. 379-399.
9. Miller, M. B. y Valsangkar-Smyth, M., «Probability matching in the right hemisphere», *Brain and Cognition*, 57(2), 2005, págs. 165-167.
10. Wolford, G., Miller, M. B. y Gazzaniga, M. S., «Split decisions», en Gazzaniga, M. S. (comp.), *The Cognitive Neurosciences III*, The MIT Press, Cambridge, Mass., 2004, págs. 1189-1199.
11. Corballis, P., «Visuospatial processing and the right-hemisphere interpreter», *Brain and Cognition*, 53(2), 2003, págs. 171-176.
12. Corballis, P. M., Fendrich, R., Shapley, R. M. y Gazzaniga, M. S., «Illusory contour perception and amodal boundary completion: Evidence of a dissociation following callosotomy», *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11(4), 1999, págs. 459-466.
13. Corballis, P. M., Funnell, M. G. y Gazzaniga, M. S., «Hemispheric asymmetries for simple visual judgments in the split brain», *Neuropsychologia*, 40(4), 2002, págs. 401-410.
14. Corballis, M. C. y Sergent, J., «Imagery in a commissurotomized patient», *Neuropsychologia*, 26(1), 1988, págs. 13-26.
15. Véanse Funnell, M. G., Corballis, P. M. y Gazzaniga, M. S., «Temporal discrimination in the split brain», *Brain and Cognition*, 53(2), 2003, págs. 218-222; y Handy, T. C., Gazzaniga, M. S. e Ivry, R. B., «Cortical and subcortical contributions to the representation of

temporal information», *Neuropsychologia*, 41(11), 2003, págs. 1461-1473.

16. Hikosaka, O., Miyauchi, S. y Shimojo, S., «Focal visual attention produces illusory temporal order and motion sensation», *Vision Research*, 33(9), 1993, págs. 1219-1240.
17. Tse, P., Cavanagh, P. y Nakayama, K., «The role of parsing in high-level motion processing», en Watanabe, T. (comp.), *High-level motion processing: Computational, neurobiological, and psychophysical perspectives*, The MIT Press, Cambridge, Mass., 1998, págs. 249-266.
18. Corballis, P. M., Funnell, M. G. y Gazzaniga, M. S., «An investigation of the line motion effect in a callosotomy patient», *Brain and Cognition*, 48(2-3), 1998, págs. 327-332.
19. Ramachandran, V. S., «Anosognosia in parietal lobe syndrome», *Conciousness and Cognition*, 4(1), 1995, págs. 22-51.
20. Hirstein, W. y Ramachandran, V. S., «Capgras syndrome: A novel probe for understanding the neural representation of the identity and familiarity of persons», *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 264(1380), 1997, págs. 437-444.
21. Doran, J. M., «The Capgras syndrome: Neurological/neuropsychological perspectives», *Neuropsychology*, 4(1), 1990, págs. 29-42.
22. Roser, M. E., Fugelsang, J. A., Dunbar, K. N., Corballis, P. M. y Gazzaniga, M. S., «Dissociating processes supporting causal perception and causal inference in the brain», *Neuropsychology*, 19(5), 2005, págs. 591-602.
23. Gazzaniga, M. S., «Right hemisphere language following brain bisection: A 20-year perspective», *American Psychologist*, 38(5), 1983, págs. 525-537.
24. Gazzaniga, M. S. y LeDoux, J. E., *The integrated mind*, Plenum Press, Nueva York, 1978.
25. Roser, M. y Gazzaniga, M. S., «Automatic brains-Interpretive minds», *Current Directions in Psychological Science*, 13(2), 2004, págs. 56-59.

Capítulo 4: Abandono del concepto de libre albedrío

1. Comunicación personal.
2. Fried, I., Katz, A., McCarthy, G., Sass, K. J., Williamson, P., Spencer, S. S. y Spenser, D. D., «Functional organization of human supplementary motor cortex studied by electrical stimulation», *Journal of Neuroscience*, 11(11), 1991, págs. 3656-3666.
3. Thaler, D., Chen, Y. C., Nixon, P. D., Stern, C. E. y Passingham, R. E., «The functions of the medial premotor cortex. I. Simple learned movements», *Experimental Brain Research*, 102(3), 1995, págs. 445-460.
4. Lau, H., Rogers, R. D. y Passingham, R. E., «Dissociating response selection and conflict in the medial frontal surface», *NeuroImage*, 29(2), 2006, págs. 446-451.
5. Lau, H. C., Rogers, R. D. y Passingham, R. E., «Manipulating the experienced onset of intention after action execution», *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(1), 2007, págs. 1-10.
6. Vohs, K. D. y Schooler, J. W., «The value in believing in free will. Encouraging a belief in determinism increases cheating», *Psychological Science*, 19(1), 2008, págs. 49-54.
7. Véanse Harmon-Jones, E. y Mills, J., *Cognitive dissonance: Progress on a pivotal theory in social psychology*, American Psychological Association, Washington, DC, 1999; y Mueller, C. M. y Dweek, C. S., «Intelligence praise can undermine motivation and performance», *Journal of Personality and Social Psychology*, 75, 1998, págs. 33-52.
8. Véanse Baumeister, R. F., Bratslavsky, E., Muraven, M. y Tice, D. M., «Ego depletion: Is the active self a limited resource?», *Journal of Personality and Social Psychology*, 4, 1998, págs. 1252-1265; Gailliot, M. T., Baumeister, R. F., DeWall, C. N., Maner, J. K., Plant, E. A., Tice, D. M. y Brewer, L. E., «Self-control relies on glucose as a limited energy source: Willpower is more than a metaphor», *Journal of Personality and Social Psychology*, 92, 2007, págs. 325-336; y Vohs, K. D., Baumeister, R. F., Schmeichel, B. J., Twenge, J. M., Nelson, N. M. y Tice, D. M., «Making choices impairs subsequent self-control: a limited resource account of decision making, self-regulation, and active initiative», *Journal of Personality and Social Psychology*, 94, 2008, págs. 883-898.

9. Baumeister, R. F., Masicampo, E. J. y DeWall, C. N., «Prosocial benefits of feeling free: Disbelief in free will increases aggression and reduces helpfulness», *Personality and Social Psychology Bulletin*, 35(2), 2009, págs. 260-268.
10. Dawkins, R., Edge.org, 1/1, 2006.
11. O'Connor, J. J. y Robertson, E. F., «Edward Norton Lorenz», 2008, <http://www-history.mcs.st-and.ac.uk/Biographies/Lorenz_Edward.html>.
12. Feynman, R., *The meaning of it all*, Nueva York, Perseus Books Group, 1998.
13. Bohr, M., «Causality and complementarity», *Philosophy of Science*, 4(3), 1937, págs. 289-298.
14. Citado en: Isaacson, W., *Einstein: His Life and Universe*, Simon & Schuster, Nueva York, 2007.
15. Pattee, H. H., «Causation, control, and the evolution of complexity», en Andersen, P. B. P., Christiansen, V., Emmeche, C. y Finnerman, M. O. (comps.), *Downward causation: Minds, bodies and matter*, Aarhus University Press, Copenhague, 2001, págs. 63-77.
16. Goldstein, J., «Emergence as a construct: History and issues», *Emergence: Complexity and Organization*, 1(1), 1999, págs. 49-72.
17. Laughlin, R. B., *A different universe: Reinventing physics from the bottom down*, Basic Books, Nueva York, 2006.
18. Feynman, R. P., Leighton, R. B. y Sands, M., *Six easy pieces: Essentials of physics explained by its most brilliant teacher*, Basic Books, Nueva York, 1995, pág. 135 (trad. cast.: *Seis piezas fáciles: la física explicada por un genio*, Crítica, Barcelona, 2004).
19. Bunge, M., *Matter and mind: A philosophical inquiry*, Springer Verlag, Dordrecht, 2010, pág. 77 (trad. cast: *El problema mente-cerebro: un enfoque psicobiológico*, Tecnos, Madrid, 2010).
20. Libet, B., Wright, E. W., Feinstein, B. y Pearl, D. K., «Subjective referral of the timing for a conscious sensory experience: A functional role for the somatosensory specific projection system in man», *Brain*, 102(1), 1979, págs. 193-224.
21. Libet, B., Gleason, C. A., Wright, E. W. y Pearl, D. K., «Time of conscious intention to act in relation to onset of cerebral activity (readiness-potential): The unconscious initiation of a freely voluntary act», *Brain*, 106(3), 1983, págs. 623-642.

22. Soon, C. S., Brass, M., Heinze, H.-J. y Haynes, J.-D., «Unconscious determinants of free decisions in the human brain», *Nature Neuroscience*, 11(5), 2008, págs. 543-545.
23. Prinz, A. A., Bucher, D. y Marder, E., «Similar network activity from disparate circuit parameters», *Nature Neuroscience*, 7(12), 2004, págs. 1345-1352.
24. Anderson, P. W., «More is different», *Science*, 177(4047), 1972, págs. 393-396.
25. Locke, J., *An essay concerning human understanding*, Filadelfia, Kay y Troutman, 1689, ed. 1849, pág. 155 (trad. cast.: *Compendio del ensayo sobre el entendimiento humano*, Tecnos, Madrid, 2009).
26. Krakauer, D., Comunicación personal.
27. Bassett, D. S. y Gazzaniga, M. S., «Understanding complexity in the human brain», *Trends in Cognitive Science*, 2011, en prensa.

Capítulo 5: La mente social

1. Legerstee, M., «The role of person and object in eliciting early imitation», *Journal of Experimental Child Psychology*, 51(3), 1991, págs. 423-433.
2. Véase Puce, A. y Perrett, D., «Electrophysiology and brain imaging of biological motion», *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 358, 2003, págs. 435-446.
3. Heider, F. y Simmel, M., «An experimental study of apparent behavior», *American Journal of Psychology*, 57(2), 1944, págs. 243-259.
4. Premack, D. y Premack, A., «Infants attribute value to the goal-directed actions of self-propelled objects», *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9(6), 1997, págs. 848-856.
5. Hamlin, J. K., Wynn, K. y Bloom, P., «Social evaluation by preverbal infants», *Nature*, 450, 2007, págs. 557-559.
6. Warneken, F. y Tomasello, M., «Helping and cooperation at 14 months of age», *Infancy*, 11(3), 2007, págs. 271-294.
7. Warneken, F., Hare, B., Melis, A. P., Hanus, D. y Tomasello, M., «Spontaneous altruism by chimpanzees and young children», *PLoS Biology*, 5(7), 2007, págs. 1414-1420.

8. Warneken, F. y Tomasello, M., «Altruistic helping in human infants and young chimpanzees», *Science*, 311(5765), 2006, págs. 1301-1303.
9. Liszkowski, U., Carpenter, M., Striano, T. y Tomasello, M., «12- and 18-month-olds point to provide information for others», *Journal of Cognition and Development*, 7(2), 2006, págs. 173-187.
10. Warneken, F. y Tomasello, M., «Varieties of altruism in children and chimpanzees», *Trends in Cognitive Science*, 13(9), 2009, págs. 397-402.
11. Olson, K. R. y Spelke, E. S., «Foundations of cooperation in young children», *Cognition*, 108(1), 2008, págs. 222-231.
12. Melis, A. P., Hare, B. y Tomasello, M., «Do chimpanzees reciprocate received favours?», *Animal Behaviour*, 76(3), 2008, págs. 951-962.
13. Rakoczy, H., Warneken, F. y Tomasello, M., «The sources of normativity: Young children's awareness of the normative structure of games», *Developmental Psychology*, 44(3), 2008, págs. 875-881.
14. Stephens, G. J., Silbert, L. J. y Hasson, U., «Speaker-listener neural coupling underlies successful communication», *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(32), 2010, págs. 14425-14430.
15. Jolly, A., «Lemur and social behavior and primate intelligence», *Science*, 153(3735), 1966, págs. 501-506.
16. Byrne, R. W. y Whiten, A., *Machiavellian intelligence*, Clarendon Press, Oxford, 1988.
17. Byrne, R. W. y Corp, N., «Neocortex size predicts deception rate in primates», *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 271(1549), 2004, págs. 1693-1699.
18. Moll, H., y Tomasello, M., «Cooperation and human cognition: The Vygotskian intelligence hypothesis», *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 362(1480), 2007, págs. 639-648.
19. Dunbar, R. I. M., «The social brain hypothesis», *Evolutionary Anthropology*, 6(5), 1998, págs. 178-190.
20. Dunbar, R. I. M., «Coevolution of neocortical size, group size and language in humans», *Behavioral and Brain Sciences*, 16(4), 1993, págs. 681-735.
21. Hill, R. A. y Dunbar, R. I. M., «Social network size in humans», *Human Nature*, 14(1), 2003, págs. 53-72.

22. Roberts, S. G. B., Dunbar, R. I. M., Pollet, T. V. y Kuppens, T., «Exploring variation in active network size: Constraints and ego characteristics», *Social Networks*, 1(2), 2009, págs. 138-146.
23. Dunbar, R. I. M., *Grooming, gossip, and the evolution of language*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1996.
24. Papineau, D., «Social learning and the Baldwin effect», en Zilhao, A. (comp.), *Evolution, rationality and cognition: A cognitive science for the twenty-first century*, Routledge, Nueva York, 2005, págs. 40-60.
25. Baldwin, J. M., «A new factor in evolution», *The American Naturalist*, 30(354), 1896, págs. 441-451.
26. Krubitzer, L. y Kaas, J., «The evolution of the neocortex in mammals: How is phenotypic diversity generated?», *Current Opinion in Neurobiology*, 15(4), 2005, págs. 444-453.
27. Lewontin, R. C., «Organism and environment», en Plotkin, H. C. (comp.), *Learning, development and culture: Essays in evolutionary epistemology*, Wiley, Nueva York, 1982, págs. 151-171.
28. Odling-Smee, F. J., Laland, K. N. y Feldman, M. W., «Niche construction: The neglected process in evolution», 2003, consultado en <http://www.nicheconstruction.com/>.
29. Flack, J. C., De Waal, F. B. M. y Krakauer, D. C., «Social structure, robustness, and policing cost in a cognitively sophisticated species», *The American Naturalist*, 165(5), 2005, págs. E126-E139.
30. Flack, J. C., Krakauer, D. C. y De Waal, F. B. M., «Robustness mechanisms in primate societies: A perturbation study», *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 272(1568), 2005, págs. 1091-1099.
31. Belyaev, D., «Destabilizing selection as a factor in domestication», *Journal of Heredity*, 70(5), 1979, págs. 301-308.
32. Hare, B., Plyusnina, I., Ignacio, N., Schepina, O., Stepika, A., Wrangham, R. y Trut, L., «Social cognitive evolution in captive foxes is a correlated by-product of experimental domestication», *Current Biology*, 15(3), 2005, págs. 226-230.
33. Allport, F. H., *Social psychology*, Houghton Mifflin, Boston, 1924.
34. Emler, N., «Gossip, reputation y adaptation», en Goodman, R. F. y Ben-Ze'ev, A. (comps.), *Good gossip*, University Press of Kansas, Lawrence, Kansas, 1994, págs. 117-138.

35. Call, J. y Tomasello, M., «Does the chimpanzee have a theory of mind? 30 years later», *Trends in Cognitive Science*, 12(5), 2008, págs. 187-192.
36. Bloom, P. y German, T. P., «Two reasons to abandon the false belief task as a test of theory of mind», *Cognition*, 77(1), 2000, págs. B25-B31.
37. Buttelmann, D., Carpenter, M. y Tomasello, M., «Eighteen-month-old infants show false belief understanding in an active helping paradigm», *Cognition*, 112(2), 2009, págs. 337-342.
38. Véanse Baron-Cohen, S., *Mindblindness: An essay on autism and theory of mind,* The MIT Press, Cambridge, Mass., 1995; y Baron-Cohen, S., Leslie, A. M. y Frith, U., «Does the chimpanzee have a theory of mind?», *Cognition*, 21(1), 1985, págs. 37-46.
39. Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V. y Fogassi, L., «Premotor cortex and the recognition of motor actions», *Cognitive Brain Research*, 3(2), 1996, págs. 131-141.
40. Fadiga, L., Fogassi, L., Pavesi, G. y Rizzolatti, G., «Motor facilitation during action observation: A magnetic stimulation study», *Journal of Neurophysiology*, 73(6), 1995, págs. 2608-2611.
41. Singer, T., Seymour, B., O'Doherty, J., Kaube, H., Dolan, R. J. y Frith, C. D., «Empathy for pain involves the affective but not sensory components of pain», *Science*, 303(5661), 2004, págs. 1157-1162.
42. Jackson, P. L., Meltzoff, A. N. y Decety, J., «How do we perceive the pain of others? A window into the neural processes involved in empathy», *NeuroImage*, 24(3), 2005, págs. 771-779.
43. Dimberg, U., Thunberg, M. y Elmehed, K., «Unconscious facial reactions to emotional facial expressions», *Psychological Science*, 11(1), 2000, págs. 86-89.
44. Chartrand, T. L y Bargh, J. A., «The chameleon effect: the perception-behavior link and social interaction», *Journal of Personality and Social Psychology*, 76(6), 1999, págs. 893-910.
45. Giles, H. y Powesland, P. F., *Speech style and social evaluation*, Academic Press, Londres, 1975.
46. Véanse Chartrand, T. L., Maddux, W. W. y Lakin, J. L., «Beyond the perception-behavior link: the ubiquitous utility and motivational

moderators of nonconscious mimicry», en Hassin, R. R., Uleman, J. S., y Bargh, J. A. (comps.), *The new unconscious*, Oxford University Press, Nueva York, 2005, págs. 334-361.

47. Van Baaren, R. B., Holland, R. W., Kawakami, K. y Van Knippenberg, A., «Mimicry and prosocial behavior», *Psychological Science*, 15(1), 2004, págs. 71-74.
48. Chaiken, S., «Heuristic versus systematic information processing and the use of source versus message cues in persuasion», *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(5), 1980, págs. 752-766.
49. Hatfield, E., Cacioppo, J. T. y Rapson, R. L., «Emotional contagion», *Current Directions in Psychological Science*, 2(3), 1993, págs. 96-99.
50. Lanzetta, J. T. y Englis, B. G., «Expectations of cooperation and competition and their effects on observers' vicarious emotional responses», *Journal of Personality and Social Psychology*, 56(4), 1989, págs. 543-554.
51. Bourgeois, P. y Hess, U., «Emotional reactions to political leaders' facial displays: A replication», *Psychophysiology*, 36, 1999, pág. S36.
52. Bourgeois, P. y Hess, U., «The impact of social context on mimicry», *Biological Psychology*, 77(3), 2007, págs. 343-352.
53. Yabar, Y., Cheung, N., Hess, U., Rochon, G. y Bonneville-Hebert, M., «Dis-moi si vous êtes intimes, je te dirais si tu mimes», ponencia presentada en el 24 Congreso Anual de la Société Québécoise pour la Recherche en Psychologie, 26-28 de octubre de 2001, Chicoutimi, Canadá.
54. De Waal, F., *The ape and the sushi master: Cultural reflections of a primatologist*, Basic Books, Nueva York, 2001 (trad. cast.: *El simio y el aprendiz de sushi: reflexiones de un primatólogo sobre la cultura*, Paidós, Barcelona, 2002).
55. Véase Baner, G. y Harley, H., «The mimetic dolphin» [Comentario de colegas sobre el artículo, «Culture in whales and dolphins», por L. Rendall y H. Whitehead], *Behaviorial and Brain Sciences*, 24, 2001, págs. 326-327.
56. Visalberghi, E. y Fragaszy, D. M., «Do monkeys ape?», en Parker, S. T. y Gibson, K. R. (comps.), *Language and intelligence in monkeys and apes*, Cambridge University Press, Cambridge, 1990, págs. 247-273; y Whiten, A. y Ham, R., «On the nature and evolution of imi-

tation in the animal kingdom: reappraisal of a century of research», en Slater, P. J. B., Rosenblatt, J. S., Beer, C. y Milinski, M. (comps.), *Advances in the study of behavior*, Academic Press, Nueva York, 1992, págs. 239-283.

57. Kumashiro, M., Ishibashi, H., Uchiyama, Y., Itakura, S., Murata, A. e Iriki, A., «Natural imitation induced by joint attention in Japanese monkeys», *International Journal of Psychophysiology*, 50(1-2), 2003, págs. 81-99.
58. Hume, D., *An enquiry concerning the principles of morals*, La Salle, Illinois, Open Court, 1777, ed. 1960, pág. 2 (trad. cast.: *Investigación sobre los principios de la moral*, Alianza, Madrid, 2006).
59. Brown, D. E., *Human universals*, McGraw-Hill, Nueva York, 1991.
60. Haidt, J., «Morality», en Fiske, S. T., Gilbert, D. T. y Lindzey, G. (comps.), *Handbook of social psychology*, Wiley, Hoboken, Nueva Jersey, 2010, 5ª ed., vol. 2, págs. 797-832.
61. Haidt, J., «The emotional dog and its rational tail: A social intuitionist approach to moral judgment», *Psychological Review*, 108(4), 2001, págs. 814-834.
62. Haidt, J. y Bjorklund, F., «Social intuitionists answer six questions about moral psychology», en Sinnott-Armstrong, W. (comp.), *Moral psychology* The MIT Press, Cambridge, Mass., 2008, vol. 2, págs. 181-217.
63. Westermarck, E. A., *The history of human marriage*, Macmillan, Nueva York, 1891 (trad. cast.: *Historia del matrimonio*, Laertes, Barcelona, 1984).
64. Shepher, J., *Incest: A biosocial view*, Academic Press Orlando, Florida, 1983; y Wolf, A. P., «Childhood association and sexual attraction: A further test of the Westermarck hypothesis», *American Anthropologist*, 72(3), 1970, págs. 864-874.
65. Lieberman, D., Tooby, J. y Cosmides, L., «Does morality have a biological basis? An empirical test of the factors governing moral sentiments relating to incest», *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 270(1517), 2002, págs. 819-826.
66. Greene, J. D., Sommerville, R. B., Nystrom, L. E., Darley, J. M. y Cohen, J. D., «An fMRI investigation of emotional engagement in moral judgment», *Science*, 293(5537), 2001, págs. 2105-2108.
67. Hauser, M., *Moral minds*, HarperCollins, Nueva York, 2006 (trad.

cast.: *La mente moral: cómo la naturaleza ha desarrollado nuestro sentido del bien y del mal*, Paidós, Barcelona, 2008).

68. Koenigs, M., Young, L., Adolphs, R., Tranel, D., Cushman, F., Hauser, M. y Damasio, A., «Damage to the prefrontal cortex increases utilitarian moral judgements», *Nature*, 446, 2007, págs. 908-911.
69. Pinker, S., «The moral instinct», *The New York Times*, 13 de enero de 2008, consultado en <http://www.nytimes.com>.
70. Haidt, J. y Joseph, C. «Intuitive ethics: how innately prepared intuitions generate culturally variable virtues», *Dædalus*, 133(4), 2004, págs. 55-66; y Haidt, J. y Bjorklund, F., «Social intuitionists answer six questions about moral psychology», en Sinnott-Armstrong, W. (comp.), *Moral psychology*, The MIT Press, Cambridge, Mass., 2008, vol. 2, págs. 181-217.
71. Darwin, C., «The descent of man», en Adler, M. J. (comp.), *The great books of the western world*, Encyclopædia Britannica, Chicago, 1871, ed. 1952, vol. 49, pág. 322.
72. Knoch, D., Pascual-Leone, A., Meyer, K., Treyer, V. y Fehr, E., «Diminishing reciprocal fairness by disrupting the right prefrontal cortex», *Science*, 314(5800), 2006, págs. 829-832.
73. Anderson, S. W., Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D. y Damasio, A. R., «Impairment of social and moral behavior related to early damage in human prefrontal cortex», *Nature Neuroscience*, 2(11), 1999, págs. 1032-1037.

Capítulo 6: Nosotros somos la ley

1. Van Biema, D., Drummond, T., Faltermayer, C. y Harrison, L., «A recurring nightmare», *Time*, 3 de marzo de 1997, consultado en <http://www.time.com>.
2. Spake, A., «Newsreal: the return of Larry Singleton», *Salon*, 5 de marzo de 1997, consultado en <http://www.salon.com>.
3. Puit, G., «1978 Mutilation: Family relieved by Singleton's death», *Review Journal*, 6 de enero de 2002, consultado en <http://crimeshots.com/VincentNightmare.html>.
4. Taylor, M., «Lawrence Singleton, despised rapist, dies / He chopped

off teenager's arms in 1978», *San Francisco Chronicle*, 1 de enero de 2002, consultado en <http:www.nytimes.com>.

5. Harrower, J., *Applying psychology to crime*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, Nueva Jersey, 1998.
6. Hackett, R., «A victim, a survivor, an artist», *Seattle Post-Intelligencer*, 30 de enero de 2003, consultado en <http://www.seattlepi.com/local/106424_ maryvincent30.shtml>.
7. Nisbett, R. E., Peng, K., Choi, I. y Norenzayan, A., «Culture and systems of thought: Holistic versus analytic cognition», *Psychological Review*, 108(2), 2001, págs. 291-310.
8. Nisbett, R. E., *The geography of thought: How Asians and Westerners think differently and why*, Free Press, Nueva York, 2003, págs. 2-3, 5.
9. Hedden, T., Ketay, S., Aron, A., Markus, H. R. y Gabrieli, J., «Cultural influences on neural substrates of attentional control», *Psychological Science*, 19(1), 2008, págs. 12-17.
10. Uskul, A. K., Kitayama, S. y Nisbett, R. E., «Ecocultural basis of cognition: Farmers and fishermen are more holistic than herders», *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(25), 2008, págs. 8552-8556.
11. Kim, H. S., Sherman, D. K, Taylor, S. E., Sasaki, J. Y., Chy, T. Q., Ryu, C., Suh, E. M. y Xu, J., «Culture, serotonin receptor polymorphism and locus of attention», *Social Cognitive & Affective Neuroscience*, 5, 2010, págs. 212-218.
12. Comunicación personal.
13. Decisiones de la cámara de los lores, Reino Unido. Causa de Daniel M'Naghten. 26 de mayo, 19 de junio de 1843, consultado en <http://www.bailii.org/uk/cases/UKHL/ 1843/J16.html>.
14. Weisberg, D. S., Keil, F. C., Goodstein, J., Rawson, E. y Gray, J. R., «The seductive allure of neuroscience explanations», *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(1), 2008, págs. 470-477.
15. Shariff, A. F., Greene, J. D., Schooler, J. W., «His brain made him do it: Encouraging a mechanistic worldview reduces punishment» (enviado).
16. Documento de trabajo del personal, «An overview of the impact of neuroscience evidence in criminal law», *The President's council on Bioethics*, 2004, consultado en <http://bioethics.georgetown.edu/pcbe/background/neuroscience_evidence.html>.

17. Scalia, A., *Akins v. Virginia* (00-8452) 536 U.S. 304, 2002, consultado el 9 de agosto de 2010 en <http://www.law.cornell.edu/supct/html/00-8452.Z>.
18. Snead, O. C., «Neuroimaging and the courts: Standards and illustrative case index», *Report for Emerging Issues in Neuroscience Conference for State and Federal Judges*, 2006, consultado en <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:CTy_7pLokKYJ:www.ncsconline.org/d_research/stl/dec06/Snead%2520Presentation%2520%28AAAS%2520-%2520modified%29.doc+simon +pirela&cd=10&hl=en&ct=clnk&gl=us&client=firefox-a>.
19. Talairach, P. T. y Tournoux, P., *Co-planar stereotaxic atlas for the human brain: 3-D proportional system: An approach to cerebral imaging*, Thieme Medical Publishers, Nueva York, 1988, pág. VII.
20. Miller, M. B., Van Horn, J. D., Wolford, G. L., Handy, T. C., Valsangkar-Smyth, M., Inati, S., Grafton, S. y Gazzaniga, M. S., «Extensive individual differences in brain activations associated with episodic retrieval are reliable over time», *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(8), 2002, págs. 1200-1214.
21. Doron, C. y Gazzaniga, M. S., «Neuroimaging techniques offer new perspectives on callosal transfer and interhemispheric communication», *Cortex*, 44(8), 2009, págs. 1023-1029.
22. Putman, M. C., Steven, M. S., Doron, C., Riggall, A. C., y Gazzaniga, M. S., «Cortical projection topography of the human splenium: hemispheric asymmetry and individual difference», *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(8), 2009, págs. 1662-1669.
23. Desmurget, M., Reilly, K. T., Richard, M., Szathmari, A., Mottolese, C. y Sirigu, A., «Movement intention after parietal cortex stimulation in humans», *Science*, 324(811), 2009, págs. 811-813.
24. Brass, M. y Haggard, P., «The what, when, whether model of intentional action», *Neuroscientist*, 14(4), 2008, págs. 319-325.
25. Brass, M. y Haggard, P., «To do or not to do: the neural signature of self-control», *Journal of Neuroscience, 27*(34), 2007, págs. 9141-9145.
26. Kuhn, S., Haggard, P. y Brass, M., «Intentional inhibition: How the "veto-area" exerts control», *Human Brain Mapping*, 30(9), 2009, págs. 2834-2843.

27. Schauer, F., «Neuroscience, lie-detection, and the law: Contrary to the prevailing view, the suitability of brain-based lie-detection for courtroom or forensic use should be determined according to legal and not scientific standards», *Trends in Cognitive Science*, 14(3), 2010, págs. 101-103.
28. Bond, C. F. y De Paulo, B. M., «Accuracy of deception judgments», *Personality and Social Psychology Review*, 10, 2006, págs. 214-234.
29. Meisser, C. A. y Bigham, J. C., «Thirty years of investigating the own-race bias in memory for faces: A meta-analytic review», *Psychology, Public Policy, and Law*, 7(1), 2001, págs. 3-35.
30. Connors, E., Lundregar, T., Miller, N. y McEwan, T., *Convicted by juries, exonerated by science: Case studies in the use of DNA evidence to establish innocence after trial*, National Institute of Justice, Washington, 1996.
31. Turk, D. J., Handy, T. C. y Gazzaniga, M. S., «Can perceptual expertise account for the own-race bias in face recognition? A split-brain study», *Cognitive Neuropsychology*, 22(7), 2005, págs. 877-883.
32. Harris, L. T. y Fiske, S. T., «Dehumanizing the lowest of the low: Neuroimaging responses to extreme out-groups», *Psychological Science*, 17(10), 2006, págs. 847-853.
33. Wilkinson, R. A., «A shifting paradigm: Modern restorative justice principles have their roots in ancient cultures», *Corrections Today*, 1997, consultado en <http://www.drc.state.oh.us/web/Articles/article28.htm>.
34. Sloane, S. y Baillargeon, R., *2.5-Year-olds divide resources equally between two identical non-human agents*, sesión de pósteres presentada en el Congreso Anual de la International Society of Infant Studies, Baltimore, Maryland, 2010.
35. Geraci, A. y Surian, L., *Sixteen-month-olds prefer agents that perform equal distributions*, sesión de pósteres presentada en el Congreso Anual de la International Society of Infant Studies, Baltimore, Maryland, 2010.
36. Sloane, S. y Baillargeon, R., *Reciprocity within but not across groups: 2.5-year-olds' expectations about ingroup and outgroup agents*, sesión de pósteres presentada en el Congreso Anual de la International Society of Infant Studies, Baltimore, Maryland, 2010.

37. Vaish, A., Carpenter, M., y Tomasello, M., *Moral mediators of young children's prosocial behavior toward victims and perpetrators*, sesión de pósteres presentada en el Congreso Anual de la International Society of Infant Studies, Baltimore, Maryland, 2010.
38. Harris, P. L. y Nunez, M., «Understanding permission rules by preschool children», *Child Development*, 67(4), 1996, págs. 1572-1591.
39. Hamlin, J., Wynn, K., Bloom, P. y Mahagan, N., «Third-party reward and punishment in young toddlers» (en proceso de revisión).
40. Carlsmith, K. M., «The roles of retribution and utility in determining punishment», *Journal of Experimental Social Psychology*, 42, 2006, págs. 437-451.
41. Darley, J. M., Carlsmith, K. M. y Robinson, P. H., «Incapacitation and just deserts as motives for punishment», *Law and Human Behavior*, 24, 2000, págs. 659-683.
42. Carlsmith, K. M. y Darley, J. M., «Psychological aspects of retributive justice», en Zanna, M. P. (comp.), *Advances in experimental social psychology*, Elsevier, San Diego, California, 2008, vol. 40, págs. 193-236.
43. Carlsmith, K. M., «On justifying punishment: The discrepancy between works and actions», *Social Justice Research*, 21, 2008, págs. 119-137.
44. Buckholtz, J. W., Asplund, C. L., Dux, P. E., Zald, D. H., Gore, J. C., Jones, O. D. y Marois, R., «The neural correlates of third-party punishment», *Neuron*, 60, 2008, págs. 930-940.
45. Richards, J. R., *Human nature after Darwin*, Routledge, Nueva York, 2000, pág. 210.
46. Boyd, R., Gintis, H., Bowles, S. y Richerson, P. J., «The evolution of altruistic punishment», *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(6), 2003, págs. 3531-3535.

ÍNDICE ANALÍTICO Y DE NOMBRES



Otros títulos del autor:

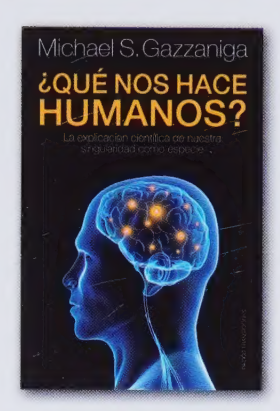




Imagen de cubierta:
© Sarah Holmlund | Dreamstime.com

PAIDÓS TRANSICIONES

El padre de la neurociencia cognitiva y autor de *El cerebro ético* y *¿Qué nos hace humanos?*, también publicados por Paidós, nos ofrece en este libro una provocativa y contundente explicación contra la idea según la cual nuestras vidas están totalmente determinadas por los procesos físicos y que, por tanto, no somos responsables de nuestras acciones.

En los últimos años, las investigaciones más ortodoxas sobre el cerebro defienden que, puesto que las leyes físicas gobiernan el mundo físico y nuestro cerebro forma parte de este mundo, son estas leyes las que dominan nuestra conducta e incluso nuestra conciencia de nosotros mismos. Esto se resume en una especie de mantra, según el cual, «el libre albedrío y la libertad, no tienen sentido, puesto que vivimos en un mundo "determinado"».

Gazzaniga, en cambio, nos explica que la mente, si bien es algo generado por los procesos físicos del cerebro, «coacciona» nuestro cerebro del mismo modo que los automóviles se ven «coaccionados» por el tráfico que ellos mismo generan. El texto, que, en palabras de Steven Pinker, está escrito «con la sencillez y agudeza características del autor» nos demuestra cómo el determinismo debilita enormemente nuestra concepción de la responsabilidad humana. Contra esta concepción afirma que, aun teniendo en cuenta los últimos descubrimientos de los mecanismos físicos de la mente, existe una realidad humana innegable: «somos agentes responsables que debemos dar cuenta de nuestras acciones, porque la responsabilidad no depende del cerebro, sino de cómo las personas interactuamos unas con otras».

¿Quién manda aquí? es un libro extraordinario que nos adentra en los ámbitos de la neurociencia, la psicología, la ética y el derecho con espíritu divulgativo y profundas implicaciones. Una perdurable contribución de uno de los pensadores más destacados de nuestro tiempo.



www.paidos.com
www.espacioculturalyacademico.com